

Geologie der gotthardmassivischen Sedimentbedeckung und der penninischen Bündnerschiefer im Blinnental, Rappental und Binntal (Oberwallis)

Mit 45 Figuren und 1 Tabelle im Text und 1 Tafel

INAUGURALDISSERTATION

der philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Bern zur Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Hans-Jürg Lüthy

von Lauperswil (Bern)

Offsetdruck Bern AG, Bern-Bümpliz 1965



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546621_0049

GEOLOGIE DER GOTTHARDMASSIVISCHEN SEDIMENTBEDECKUNG UND DER PENNINISCHEN
BÜNDNERSCHIEFER IM BLINNENTAL, RAPPENTAL UND BINNTAL (OBERWALLIS)

Mit 45 Figuren und 1 Tabelle im Text und 1 Tafel

I N A U G U R A L D I S S E R T A T I O N

der philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Bern zur Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Hans Jürg Lüthy
von Lauperswil (Bern)

Von der philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät auf Antrag
des Herrn Prof. Dr. W.K. Nabholz angenommen.

Bern, den 15. Juli 1965

Der Dekan

Prof. Dr. M. Welten



Inhaltsverzeichnis

VORWORT	4
EINLEITUNG	5
1. Methodisches und zur Nomenklatur der Gesteine	6
1.1 Methodisches	6
1.2 Zur Nomenklatur der Gesteine	7
2. Historisches	8
3. GOTTHARDMASSIVISCHE SEDIMENTBEDECKUNG	10
3.1 Geologische Beschreibung des Gebietes	10
3.11 Blinmentalprofil	10
3.12 Blinmental-Kummenhorn	14
3.13 Region Kummenhorn	14
3.14 Hinteres Rappental	15
3.15 Mittleres Rappental	16
3.16 Rappentalumbiegung	18
3.161 Profil des Zuleitungsstollens Feld	18
3.162 Beschreibung der Aufschlüsse	22
3.17 Region Ausserbinn	23
3.2 Stratigraphie und Gesteinsbeschreibung	24
3.21 Permo-Karbon	24
3.22 Trias	25
3.23 Lias	35
3.231 Nufenen-Zone	35
3.2311 Serie der Nufenen-Granattonschiefer	35
3.2312 Serie der Nufenen-Quarzite	36
3.2313 Serie der Nufenen-Knotenschiefer	38
3.232 Zone von Termen	41
3.2321 Serie der Termen-Kalkschiefer	41
3.2322 Serie der Termen-Tonschiefer	47
3.233 Diskussion der Stratigraphie	49
3.3 Tektonik	50
4. BEDRETTOMULDE	53
4.1 Geologische Beschreibung des Gebietes	53
4.11 Das Gebirge zwischen Mühlebach und Feldbach-Binna	53
4.12 Feldbachzone	55
4.121 Profil des Zuleitungsstollens Binn	55
4.122 Beschreibung der Aufschlüsse	57
4.2 Stratigraphie und Gesteinsbeschreibung	58
4.21 Grenztrias und die nördlichen, sandig-kalkigen Bündnerschiefer	59
4.211 Grenztrias	59
4.212 Bündnerschiefer	60
4.22 Feldbachzone	64
4.221 Trias	64
4.222 Bündnerschiefer	69
4.223 Grünschiefer	71
4.3 Tektonik	72

4.4 Zur Unterscheidung der Bündnerschiefer von den Gesteinen des gotthardmassivischen Lias	73
5. METAMORPHOSE	74
6. KLUFTMINERALIEN	81
7. BEMERKUNGEN ZUR MORPHOLOGIE UND ZUM QUARTÄR	81
8. ZUSAMMENFASSUNG	83
Literaturverzeichnis	88
Curriculum vitae	95

V O R W O R T

Im Jahre 1960 hatte ich Gelegenheit, im Auftrag von Herrn Dr. B. TSCHACHTLI, Luzern, eine geologisch-technische Kartierung im Gebiete des südwestlichen Gotthardmassivs, einschliesslich des gotthardmassivischen Sedimentmantels und der südlich anschliessenden Bündnerschiefer durchzuführen. Nach Abschluss dieser Arbeit übernahm ich auf Anregung der Herren Proff. Dr. J. CADISCH und Dr. W.K. NABHOLZ einen Abschnitt der gotthardmassivischen Sedimentbedeckung und der anschliessenden Bündnerschiefer als Dissertationsgebiet. Die geologische Untersuchung sollte sich dabei auf eine neue Detailkartierung 1:10'000 stützen.

Nach Abschluss meiner Dissertation mit Feldaufnahmen in den Jahren 1960-1964 und deren Auswertung im geologischen Institut der Universität Bern danke ich allen, die mir während diesen Jahren mit Rat und Tat beigestanden sind:

In besonderer Masse Herrn Prof. Dr. W.K. NABHOLZ, der nach dem Rücktritt von Herrn Prof. Dr. J. CADISCH die Leitung meiner Dissertation übernommen hat und auf dessen tatkräftige Hilfe und Belehrung ich jederzeit zählen durfte.

Den Herren Proff. Dr. TH. HÜGI und Dr. E. NIGGLI für manche Ratschläge und für die Erlaubnis, im mineralogisch-petrographischen Institut genaue Lichtbrechungsmessungen ausführen zu dürfen.

Herrn Prof. Dr. A. STRECKEISEN für die kritische Durchsicht des Kapitels über die Metamorphose.

Herrn Prof. Dr. E. WENK (Basel) für zahlreiche Ratschläge bei Dünnschliffuntersuchungen und auf Exkursionen im Nufenengebiet und im Tessin.

Herrn PD Dr. H. SCHWANDER (Basel) für Untersuchungen unter der Röntgen-Mikrosonde.

Herrn Prof. Dr. M. REICHEL (Basel) für die Einführung in die Mikropaläontologie.

Herrn Prof. Dr. R.F. RUTSCH für die Beratung bei der Bestimmung der Makrofossilien.

Herrn Dr. F. ALLEMANN für die Bestimmung der Fossilien und Fossiltrümmer in den Dünnschliffen.

Herrn Dr. H. HESS (Binningen) für die Bestimmung eines Crinoidenquerschnittes.

Herrn Prof. Dr. E. SEIBOLD (Kiel), der mir während eines Sommersemesters manchen Einblick in die Arbeitsweise und in die Probleme der Sedimentologie, Meeresgeologie und Aktuogeologie ermöglichte.

Meinem Studienkameraden Dr. S. GRAESER für die Beratung bei den Dünnschliffuntersuchungen.

Meinem Studienkameraden Dr. T. STALDER für die Auswertung einer Röntgenaufnahme von Ankerit.

Meinen Studienkameraden J.P. SAHEURS und B. TRÖHLER für ihre Ratschläge und Mithilfe bei chemischen und röntgenographischen Untersuchungen.

Den Herren E. LACK und H. LUGINBÜHL für die Herstellung einer grossen Zahl von Dünnschliffen und Gesteinsanschliffen.

Herrn A. SOMMER für photographische Aufnahmen und die Abzüge der Figuren im Text.

Meinen Zürcher Studienkameraden D. FREY und Dr. W. JUNG für manche Ost-West-Diskussion über die gotthardmassivische Sedimentbedeckung.

Meinen Studienkameraden M. AELLEN, Dr. R. BLAU, Dr. G. DELLA VALLE, Dr. P. KELLERHALS, Dr. J. MARTI, Dr. A. MATTER, K. MEYER, Dr. R. MÜLLER, Dr. C. NIGGLI, Dr. T. PETERS, F. SCHERER, Dr. H. THALMANN, B. TRÖHLER und H.M. WÜTHRICH für frohe Stunden mit oder ohne Geologie.

Meinem Gebietsnachbar M. LISZKAY für fruchtbare Diskussionen auf der Alp im Blinental, auf zahlreichen gemeinsamen Begehungen und im Institut.

Der Bevölkerung von Ernen, vor allem der Familie M. Schinner und meinem Freund und damaligen Gemeindepräsidenten ADOLF SCHMID und seiner Familie für die alljährliche Gastfreundschaft.

Herrn Dr. B. TSCHACHTLI, Technische Geologie und Hydrologie, Luzern und der Direktion der Forces Motrices Neuchâtelaises S.A. für die freundliche Erlaubnis, die im Laufe der Jahre 1962-1964 aufgenommenen geologischen Stollenprofile und weitere geologische Arbeiten für meine Dissertation verwenden zu dürfen.

Meiner lieben Frau für ihre sachverständige Mithilfe bei den chemischen Analysen der Dolomit- und Kalkgesteine, aber auch für Ihre Geduld und manchen Verzicht während der Niederschrift dieser Arbeit.

Zu grösstem Dank verpflichtet bin ich meinen lieben Eltern, die mir den Besuch des Gymnasiums und der Universität ermöglicht haben. Ihnen sei diese Arbeit gewidmet.

E I N L E I T U N G

Die vorliegende Arbeit bildet einen Teil der Untersuchungen, die vom Geologischen Institut der Universität Bern im Oberwallis durchgeführt wurden. Ihr Ziel ist nebst einer genauen Detailkartierung (z.T. erstmals im Massstab 1:10'000) eine gründliche geologische und petrographische Untersuchung der Gesteine der südlichen Sedimentbedeckung des westlichen Gotthardmassivs und der anschliessenden Bündnerschiefer. Damit sollen die Fragen, die nach den bisherigen, oft nur kursorischen Arbeiten in unserm Gebiet offen geblieben sind, nach Möglichkeit geklärt werden. Das untersuchte Gebiet befindet sich auf der südlichen Rhonetalseite im Obergoms (VS) und umfasst den westlichen Teil des hintern Blinmentals, das Rappental und das Gebirge zwischen Rappental und Binntal (vergl. Fig. 1). Begrenzt wird die Kartierungsarbeit durch die Blinne im E, das Kristallin des Gotthardmassivs im N, den Feldbach bzw.

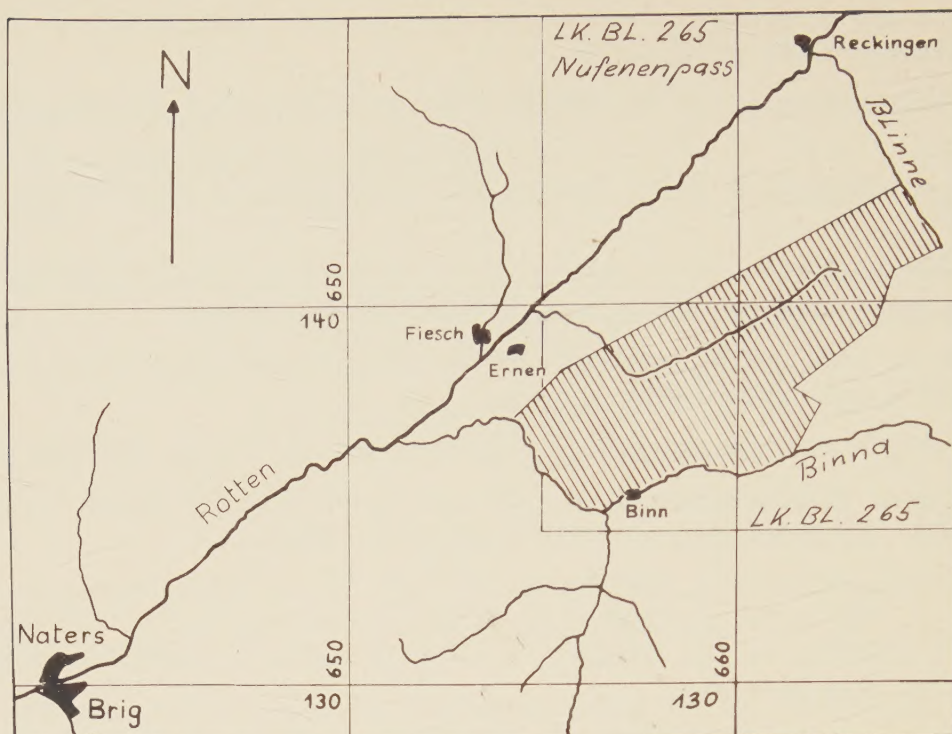


Fig. 1. Lageskizze 1:200'000

die Binna im S und die Twingi (Binnaschlucht) im W. Die südwestlich und nordöstlich anschliessende Zone der gotthardmassivischen Sedimentbedeckung wurde von meinem Gebietsnachbar M. LISZKAY untersucht.

1. Methodisches und zur Nomenklatur der Gesteine

1.1 Methodisches

Die Detailkartierung (Tafel I) erfolgte im Massstab 1:10'000. Lokal, so im hintersten Rappental, in der Kummhornregion und der Felzbachregion mussten auch vergrösserte Luftaufnahmen der Eidg. Landestopographie im Massstab 1:5000 und 1:2500 beigezogen werden. Die von 1:50'000 auf 1:10'000 vergrösserte Topographie wies zahlreiche Mängel auf und andererseits war die Lokalisierung kleiner, aber wichtiger Aufschlüsse im stark kuperten Gelände sehr schwierig und damit die Zusammenhänge oft fraglich. Mit den Luftaufnahmen konnten diese Probleme gut gelöst werden.

Im Laufe der Kartierung wurden gegen 600 Handstücke geschlagen und heimgebracht und davon über 210 Dünnschliffe angefertigt. Eine so grosse Zahl von Dünnschliffen erwies sich als unumgänglich, da der Mineralbestand der im Grossen recht eintönigen Gesteine auch nicht annähernd makroskopisch bestimmt werden kann. Dies gilt vor allem für die alpinmetamorphen Neubildungen. Zu Vergleichszwecken standen zudem die Handstücksammlung und eine Anzahl von Schliffen des Gebietsnachbars M. LISZKAY zur Verfügung.

Die Unterscheidung von Kalzit und Dolomit geschah mittels Färbung. Dabei interessierte uns aber nicht nur die Trennung von Kalzit/Dolomit, sondern auch die Bestimmung des Karbonatanteils gegenüber dem Quarzgehalt. Insgesamt wurden über 100 Handstückan-

schliffe auf Kalzit und etwa 40 auf Dolomit gefärbt. Dazu kamen noch eine Anzahl Schliffanfärbungen. Vorerst wurde die Färbmethode mit Kampeschholz-Extrakt (logwood reagent) angewendet, wie sie von E. HOEBERG (1950) verbessert und bei L. KLÄY (1957) auf deutsch beschrieben wurde. Diese Methode hat jedoch den Nachteil bei Anschliffen, dass die Farbe mit der Zeit schmutzig grauviolett wird und dann verblasst. Deshalb haben wir später ausschliesslich mit Alizarin Rot S gefärbt. Diese Methode wurde von S. ST. J. WARNE (1962) mit verschiedenen Abänderungen für andere Mineralien beschrieben. Nach unsern Erfahrungen ist darauf zu achten, dass die Farblösung alljährlich oder bei sehr häufigem Gebrauch noch öfters neu angemacht wird. Im Laufe der Zeit wird nämlich Ca von der Salzsäure gelöst, so dass ein schmieriger roter Film das ganze Gestein und nicht nur den Kalzit überzieht.

Die Dolomitanfärbung, d.h. der Nachweis von Mg, wurde mit einigen Abänderungen nach der Methode LEITMEIER-FEIGL durchgeführt; vergl. hiezu HÜGI (1945). Die ursprüngliche Methode war vor allem den Bedingungen der Pulverpräparate angepasst (Nachweis von Magnesit). Für grössere Gesteinsflächen hat sich die untenstehende, von meinem Studienkameraden B. TRÖHLER entwickelte Methode bewährt:

Reagenzien: H_2SO_4 1:10
NaOH 10 n

Nitrobenzolazoresorzin (im amerikanischen Sprachgebrauch "Magneson")

Der gut polierte Gesteinsanschliff (auf der Schleifscheibe und zuletzt von Hand mit einem Zapfen und dem feinsten Schleifpulver) wird während 2-3 Minuten (ev. länger) in kalter H_2SO_4 1:10 angeätzt; anschliessend ungefähr 1 Minute eingelegt in heisse NaOH 10 n. Schliesslich wird der so vorbehandelte Anschliff in die Reagenslösung (2 Spatelspitzen "Magneson" auf 50 ml NaOH 10 n) während 1 Minute eingetaucht. Mit H_2O dest. abgespült, erscheint der Dolomit hellblau (Mg-Lack aus Magnesiumhydroxyd + Farbstoff), während Kalzit, Quarz, Feldspat usw. weiss bleiben. Da der Farbeffekt nach einigen Stunden oder Tagen nachlässt, empfehlen wir, vor einem neuerlichen Studium die Anschlifffläche nochmals für einige Sekunden in kalte NaOH 10 n zu tauchen, worauf der Dolomit wieder blau erscheint.

Schliesslich wurde an einer Reihe von Dolomiten und dolomitischen Gesteinen durch komplexometrische Titration das Kalzium und Magnesium bzw. der Kalzit und Dolomit bestimmt. Diese auf SCHWARZENBACH (1960) zurückgehende und von MÜLLER (1956) publizierte Methode wird von MATTER (1964) neuerdings ausführlich beschrieben, so dass auf eine Wiederholung verzichtet werden kann.

1.2 Zur Nomenklatur der Gesteine

Die konsequente Benennung der Gesteine bietet einige Schwierigkeiten. Der Mineralbestand ist makroskopisch oft nur sehr unvollständig bestimmbar. Daraus ergibt sich eine Diskrepanz in den Gesteinsnamen zwischen Handstücken mit und jenen ohne Dünnschliffuntersuchung. Deshalb ziehen wir es vor, bei der geologischen Beschreibung des Gebietes nur die makroskopischen Gesteinsbezeichnungen zu verwenden. In einzelnen Fällen weist u.d.M. (unter dem Mikroskop) auf die mikroskopische Untersuchung hin. In den frühern Publikationen wird jeweils der Ausdruck "Tonschiefer" für Gesteine verwendet, die wohl ursprünglich im Wesentlichen toniger Herkunft sind, aber heute metamorph, d.h. zum Beispiel als Serizit-Chloritschiefer oder -phyllit mit verschiedenen alpinmetamorphen Neubildungen und unterschiedlichem Quarz/Kalzitgehalt vorliegen. Mit Rücksicht auf die bisher geläufigen Namen wird "Tonschiefer"

in der Beschreibung des Gebietes beibehalten, jedoch mit dem Zusatz met. (metamorph) ergänzt. "Schiefer" wird vom rein mechanischen Gesichtspunkt für ein geschiefertes Gestein, d.h. als Texturbezeichnung und mineralogisch völlig neutral verwendet. Die Bündnerschiefer mit ihrem alpin vollständig rekristallisierten Quarz- und Karbonatgehalt werden wie bisher üblich mit "sandig" und "kalkig" charakterisiert. In der Trias und im gotthardmassivischen Lias werden weiterhin "Quarzit - quarzitisch" und "Kalk- und Dolomitmarmor" verwendet, wie sie hier als solche auch typisch auftreten.

Bei der Benennung der Gesteine bezüglich ihrem Quarz/Karbonat-Gehalt halten wir uns an untenstehende Einteilung:

0 - 10 %	Quarz	schwach sandig	(z.B. schwach sandiger Kalkschiefer)
10 - 25 %	Quarz	sandig	(z.B. sandiger Kalkschiefer)
25 - 50 %	Quarz	Sandkalk	(z.B. Sandkalkschiefer)
0 - 10 %	Kalzit	schwach kalkig	(z.B. schwach kalkiger Sandstein)
10 - 25 %	Kalzit	kalkig	(z.B. kalkiger Sandstein)
25 - 50 %	Kalzit	Kalksand	(z.B. Kalksandschiefer)

Der Feldspatgehalt ist im vorliegenden Untersuchungsgebiet ausschliesslich mikroskopisch erkennbar. Er wird als Zusatz zum Gesteinsnamen wie folgt erwähnt:

schwach feldspatführend	: einige Zwickel von neugebildetem Feldspat
feldspatführend	: einige Feldspäte (einzelne Porphyroblasten)
reichlich feldspatführend	: zahlreiche Porphyroblasten (Knotenschiefer) oder Feldspatlagen (in tonigen Gesteinen)

Die übrigen alpinmetamorphen Neubildungen (Serizit, Muskowit, Biotit, Chlorit, Chloritoid, Epidot-Zoisit, Granat, Rutil usw.), die als Neben- oder Hauptgemengteile auftreten können, werden, wie das untenstehende Beispiel zeigt, aufgeführt:

0 - 1 %	wenig serizitführender Quarzitschiefer
1 - 5 %	serizitführender Quarzitschiefer
5 - 75 %	Serizit-Quarzitschiefer bis quarzitischer Serizitschiefer
75 %	quarzitischer Serizitphyllit bis Serizitphyllit

Bei kombinierten Namen wird der schwächere Anteil zuerst aufgeführt:

Chloritoid-Serizit-Quarzitschiefer		
5 %	15 %	80 %

Bei der Klassierung der Korngrösse halten wir uns an folgende Einteilung:

10	-	1 mm	grobkörnig
1	-	0,1 mm	mittelkörnig
0,1	-	0,01 mm	feinkörnig
0,01	-	0,001 mm	mikrokörnig

Als Hauptgemengteile (HG) werden Minerale mit einem Anteil von > 5 %, als Nebengemengteile (NG) 1-5 %, als Uebergemengteile < 1 % bezeichnet.

2. Historisches

In einem kurzen Rückblick seien die bisherigen Arbeiten, die das Untersuchungsgebiet im engern oder weitern Sinn betreffen, festgehalten.

GERLACH (1885) verdanken wir die erste Kartierung 1:100'000 des südlichen Goms (Geol. Karte der Schweiz, Blatt XVIII, Brig-Airolo).

SCHMIDT und PREISWERK (1892-1905) bearbeiten im Rahmen der Simplonkarte 1:50'000 auch unser Untersuchungsgebiet.

Der Ausdruck "gotthardmassivische Bündnerschiefer" wird von P. NIGGLI und W. STAUB (1914) gestützt auf die Arbeiten von VAN HOLST (1913) und VON FRITSCH (1873) eingeführt. Wir zitieren auf S. 69: "Es mag bemerkt werden, dass sich im grossen und ganzen die Bündnerschiefer der penninischen Decken von der Greina bis zum Nufenen gut von den gotthardmassivischen Bündnerschiefer unterscheiden."

EICHENBERGER (1924) trennt in einer ausführlichen Untersuchung im Obergoms die "gotthardmassivischen Bündnerschiefer" von den "penninischen Bündnerschiefer". Seine Kartierung reicht gerade bis an die östliche Grenze unseres Untersuchungsgebietes. Den Lias der "Nufenenmulde" unterteilt EICHENBERGER in 3 von ihm als "Stufen" bezeichnete Kartiereinheiten. Wir zitieren auf S. 460:

"Die u n t e r e S t u f e besteht vorwiegend aus Derivaten von Tongesteinen, die als dunkle granat-, biotit-, plagioklas- und sprödglimmerführende, kristalline Schiefer ausgebildet sind. Kalkmarmorbänke sind hier und da dazwischen geschaltet. Der Granat hält sich streng an die Tonschiefer; er meidet die Kalke und ist in keiner andern Liasstufe nachzuweisen gewesen. Er ist also Leitmineral dieser Stufe.

Die m i t t l e r e S t u f e wird zur Hauptsache eingenommen von hellgelben oder grauweissen Quarziten, die als weithin sichtbare Bänder eine scharfe Trennungslinie zwischen der untern und obern Stufe bilden.

Die o b e r e S t u f e ist mergelig ausgebildet. Ihre Gesteine sind leicht kenntlich an den häufigen Plagioklas- und Zoisitporphyroblasten, die infolge Auflösung der kalkigen Grundmasse auf der angewitterten Oberfläche hervortreten. Sie haben den Gesteinen den Namen "Knotenschiefer" eingetragen. Knotenschiefer finden sich immer nur über den Quarziten."

Ausgehend von den Quarziten parallelisiert EICHENBERGER diese drei "Stufen" nach der petrographischen Beschaffenheit der Sedimente und den wenigen, nur generisch bestimmbar Fossilien mit dem Lias des Torrenthornmassivs (LUGEON, 1914). Die "untere Stufe" würde demnach Rhétien bis Sinémurien, die "mittlere Stufe" Lotharingen bis Domérien und die "obere Stufe" Toarcien repräsentieren. Als Hinweis auf die Verhältnisse im Westteil der Nufenenmulde erwähnt er die Schwierigkeiten, die einer Ausscheidung der aufgezählten "Stufen" erwachsen. Als einziger Leithorizont bleibe die "Stufe" der gelbgrauen Quarzite übrig.

Erst OBERHOLZER (1956) befasst sich im Rahmen seiner Arbeit über das westliche Gotthardmassiv auch wieder mit den südlich anschliessenden Sedimenten. Seine Untersuchungen gelten aber vornehmlich dem kristallinen Anteil des Gotthardmassivs. Der zugehörige Sedimentmantel wird von ihm in einer kursorischen Zusammenfassung behandelt, wobei er sich auf verschiedene unveröffentlichte Arbeiten stützt. Die Dreiteilung und stratigraphische Zuordnung des Lias der Nufenenmulde (EICHENBERGER, 1924) wird beibehalten. In der Zusammenfassung der Gesteinstypen stellt OBERHOLZER in jeder "Stufe" dem östlichen Gebietsteil den faziell verschiedenen westlichen Gebietsteil gegenüber, wobei er auf die Schwierigkeiten bei Parallelisationsversuchen hinweist.

Ueber das Binntal gibt es eine ausserordentlich grosse Zahl von Detailarbeiten, doch betreffen diese ausnahmslos Mineralvorkommen und Mineralfundstellen. Besonders erwähnt zu werden verdient L. DESBUISSONS (1909), der nebst den Binntaler Mineralien und Mineralfundstellen nahezu das ganze Untersuchungsgebiet nach dem damaligen Stand der Forschung beschreibt.

BADER (1934) widmet in seiner mineralogisch-petrographischen Arbeit auch ein Kapitel dem Bündnerschieferanteil des Binntales.

In einer neuen mineralogischen Arbeit revidiert GRAESER (1965) die Minerallagerstätten im Dolomit des Binntales.

Eine ausgezeichnete Diskussion und Zusammenfassung der Begriffe "Bündnerschiefer" und "Schistes lustrés" findet sich in BOLLI & NABHOLZ (1959).

Weitere Arbeiten mit lokaler Bedeutung werden im sachlichen Zusammenhang im Text erwähnt.

3. GOTTHARDMASSIVISCHE SEDIMENTBEDECKUNG

Es erscheint uns zweckmässig, die gotthardmassivische Sedimentbedeckung (gotthardmassivisches Mesozoikum) und die penninischen Bündnerschiefer und Trias getrennt zu behandeln. Mit NABHOLZ (1959, S. 251) verwenden wir die Bezeichnung Bündnerschiefer nur für die penninischen Sedimente, die stratigraphisch über der Trias liegen. Die Liaszone am Südrand des Gotthardmassivs, früher als "gotthardmassivische Bündnerschiefer" benannt, wird als gotthardmassivischer Lias bezeichnet.

3.1 Geologische Beschreibung des Gebietes

3.11 Blinnentalprofil

Beginn auf einer Höhe von 2025 m (Koord. 664.500/142.060) am Fusse des linken Blinnentalhanges. Das Profil beginnt im Süden in den Bündnerschiefer und führt gegen Norden durch die verschiedenen Lias- und Triasschuppen bis zum Kristallin des Gotthardmassivs. Das Profil verläuft zur Hauptsache entlang den Aufschlüssen am Fusse des Hanges. Lediglich in einzelnen Bachbetten müssen höher liegende Aufschlüsse miteinbezogen werden. Das Streichen und Fallen der gotthardmassivischen und der südlich anschliessenden penninischen Sedimente beträgt N 65-70°E / 78-90° S. Die Handstücke tragen die Bezeichnungen BL 1 - 111.

Bündnerschiefer:

1a. grauer, sandiger Serizit-Kalkschiefer.

Grenztrias mit eingeschrüften Bündnerschiefer (1b, 5):

2. 0,3 m weisser, kalkiger Serizit-Quarzitschiefer.

1b. 2 m hellgrauer, sandiger Serizit-Kalkschiefer (Bündnerschiefer).

3. 1 m weisser, bräunlich anwitternder, quarzitischer Dolomit/Kalkmarmor mit 20 % Dolomit und 40 % Kalzit.

4. 1,7 m weisser, kalkiger Serizit-Quarzitschiefer.

5. 0,7 m grauer, sandiger Serizit-Kalkschiefer (Bündnerschiefer).

6. 2,2 m weisser, sandiger Muskowit-Kalkschiefer.

7. 2,2 m grobkristallisierter Kalkmarmor aus weissem und grauem Kalzit.

8. 2,1 m gelblich-weisser, feinkörniger Dolomit.

Liasschuppe (9-12) bestehend aus Gesteinen der Serie der Termen-Tonschiefer im S und Vertreter der Serie der Termen-Kalkschiefer im N:

9. 1 m hellgrauer, sandiger Serizit-Chloritschiefer (pigmentfreier met. Tonschiefer)
2,5 m schwarzer Chlorit-Serizitschiefer (met. Tonschiefer) mit feinen Quarzadern und Chloritoid (u.d.M.).

10. 3,3 m grauer, schwach geschieferter Sandkalk mit 40-45 % Quarz.

11. 3,5 m grauer, schwach knotig anwitternder, sandig-kalkiger Biotit-Serizitschiefer.

12. 2,2 m grauer, sandig-kalkiger Biotit-Serizitschiefer (Querbiotit).

Schuppentrias (13-14):

13. 3 m hellbrauner, serizitführender Quarzit-Kalkmarmor.
14. 2 m grünlicher, schwach sandig-kalkiger Muskowit-Serizitschiefer (met. Quartenschiefer) mit reichlich Feldspatporphyroblasten (u.d.M.).

Liasschuppe (15-22) hauptsächlich aus Gesteinstypen der Serie der Termen-Kalkschiefer aufgebaut. Im S wenige m schwarze met. Tonschiefer der Serie der Termen-Tonschiefer:

15. 3,5 m hellgrauer Serizit-Biotitschiefer mit reichlich Querbiotit.
16. 4 m schwarzer, schwach kalkiger Granat-Serizit-Chloritschiefer (met. T'sch).
17. 3 m grauschwarzer Biotit-Serizit-Sandkalkschiefer.
18. 2 m grauer, rötlich-braun anwitternder, sandiger Kalkschiefer mit Chloritoid (u.d.M.).
19. 0,3 m grauer Serizit-Kalkschiefer mit einzelnen idiomorphen Granaten.
20. 2,8 m rötlich-grüner, schwach kalkiger Quarzit mit Epidot und Chloritoid.
7 m Gehängeschutt bis zum Bachbett, wo wenige dm grüner Serizit-Quarzitschiefer (20a) mit reichlich Querbiotit und vielen Pyritwürfelchen aufgeschlossen sind (Kote 2030 m). Weiter bachaufwärts wird dieser Triaszug wesentlich mächtiger und führt bis zu 15 m Rauhacke, dann auch Dolomit öfters verschuppt mit Serizitphylliten.
Auf der nördlichen Seite des Baches kann das Profil auf Kote 1990 m weiter verfolgt werden, wobei seit 20 mit einer Lücke von ca. 1 m gerechnet werden muss.
21. 1,5 m schwarzer Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer) mit Chloritoid.
22. 2,7 m feingebänderter, grauer, schwach sandiger Serizit-Chlorit-Kalkschiefer mit Linsen aus Quarz und Kalzit.

Schuppentrias (23-24):

23. 2 m bräunlich-weisser, kalkiger Serizit-Muskowitquarzit.
24. 2,5 m rostig anwitternder, grünlicher, sandiger Granat-Chlorit-Serizitschiefer (met. Quartenschiefer) mit Epidot und Chloritoid (u.d.M.).

Liasschuppe (25-29) hauptsächlich bestehend aus Gesteinen der Serie der Termen-Kalkschiefer mit wenigen m der Serie der Termen-Tonschiefer:

25. 2,7 m schwarzer Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer).
26. 7,5 m grauer, sandiger Kalk, serizitführend.
27. 2,5 m cm-mächtige Wechsellagerung von grauschwarzem Kalk mit knotigem Kalkschiefer.
28. 3,5 m grauer, sandiger Kalk, serizitführend.
29. 1 m grauweißer, schwach quarzitischer Kalkmarmor.

Schuppentrias (30):

30. 2 m rostig anwitternder Muskowit-Serizitphyllit mit reichlich Pyrit (met. Quartenschiefer).

Liasschuppe (31-36) bestehend aus Gesteinen der Serie der Termen-Kalkschiefer und wenigen m der Serie der Termen-Tonschiefer:

31. 2,5 m schwarzer Granat-Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer) mit Epidot und grossen Feldspatporphyroblasten (u.d.M.).
32. 5 m schwarzer, kalkiger Serizit-Chloritschiefer mit feinen Knötchen.
33. 20 m grauer, rillig anwitternder Kalksandstein mit 55-60 % Quarz.
34. 4,5 m grauschwarzer, sandiger Biotit-Serizit-Chlorit-Kalkschiefer.
35. 4 m schwarzer, kalkiger Serizit-Chloritschiefer (met. Kalktonschiefer) wechsellagernd mit schwarzem, feinknotigem Serizit-Kalkschiefer.
36. 3 m grauer Biotit-Kalksandschiefer mit netzartigen Feldspatporphyroblasten.

Schuppentrias (37-45c), die verschiedenen Triasgesteine sind unter sich verschuppt:

- 37. 2 m bräunlich-weisser, geschieferter Kalkmarmor, serizitführend.
- 39. 1,5 m hellgrauer, schwach kalkiger Muskowit-Biotitschiefer.
- 38. 1 m gelber Dolomitmarmor.
- 40. 2 m graugrüner Biotit-Serizit-Chloritschiefer (met. Quartenschiefer) mit 50 % Quarz, 10 % Querbiotit und 5 % Epidot (u.d.M.).
- 43a. 1 m weisser, kalkiger Muskowit-Serizitquarzit.
- 43b. 1,5 m gelbbraune Rohwacke.
- 44. 1,5 m weisser, kalkiger Muskowit-Quarzitschiefer.
- 45a. 2 m grünlicher Biotit-Muskowit-Serizitphyllit.
- 45b. 1,5 m gelblich-weisser Dolomitschiefer.
- 45c. 0,7 m grünlicher Biotit-Muskowit-Serizitphyllit.

Liasschuppe (46c - 56) hauptsächlich aus Gesteinen der Serie der Termen-Kalkschiefer bestehend, mit knotigen Serizit-Kalkschiefer als Uebergangstypen zu den Knotenkalkschiefer der Serie der Nufenen-Knotenschiefer:

- 46c. 15 m grauer, sandiger Serizit-Kalkschiefer, schwach feldspatführend (u.d.M.) wechsellagernd mit grauem, lagigem, sandigem Serizit-Kalkschiefer (46b) und mit schwarzem Serizit-Chloritschiefer (Querbiotit) mit reichlich siebartigen Feldspatporphyroblasten (46a).
- 47. 20 m grauer, serizitführender Sandkalkstein.
- 48. 2 m schwarzer, kalkiger Serizit-Chloritschiefer (met. Kalktonschiefer).
- 49. 12 m blauschwarzer, schwach sandiger Kalk, rillig anwitternd, mit Linsen und Schnüren aus Kalzit und Quarz.
- 50. 8 m grauer, sandiger Serizit-Kalkschiefer.
- 51. 5 m grauer, serizitführender Sandkalk, rillig anwitternd.
- 55. 5 m cm-mächtige Wechsellagerung von grauem Kalk mit feinknotigem Serizit-Kalkschiefer.
- 56. 0,5 m Rekristallisierte Mylonitzone aus schwarzem, sandigem Kalk und grossen Linsen aus Kalzit und Quarz.

Schuppentrias (57, 59, 60):

- 57. 0,5 m grüner, schwach kalkiger Serizitschiefer (met. Quartenschiefer) im Bach auf Kote 1970 m. Weiter bachaufwärts (Kote 2030-40 m) schwillt der Triaszug an und führt 2,5 m weissen, sandigen Dolomitschiefer (59) und 4 m gelben Dolomitmarmor (60). Die Quartenschiefer fehlen hier.

Liasschuppe (63-87a) zur Hauptsach bestehend aus Gesteinstypen der Serie der Termen-Kalkschiefer und aus knotigen Serizit-Kalkschiefer als Uebergangstyp zu den Knotenkalkschiefer der Serie der Nufenen-Knotenschiefer:

- 63. 1,2 m bräunlich-weisser, quarzitischer Kalkmarmor mit Chlorit und Chloritoidporphyroblasten (u.d.M.) auf Kote 1950 m auf der nördlichen Bachseite.
- 64. 8 m grauer, sandiger Serizit-Kalkschiefer.
- 65. 1 m grauschwarzer, knotiger, schwach sandiger Serizit-Kalkschiefer.
- 4 m grauschwarzer, schwach sandiger Serizit-Kalkschiefer.
- 66. 3,5 m schwarzer, rostig anwitternder, schwach kalkiger Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer).
- 67. 1 m braun anwitternder, sandiger Kalkschiefer.
- 68. 1 m rötlich verwitterter Sandkalk mit Chlorit und Chloritoid (u.d.M.).
- 69. 10-20 cm mächtige Linsen von Granat-Chloritphyllit in 68.
- 70. 4 m schwarzer Granat-Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer).
- 71. 1 m grauer, knotiger, serizitführender Kalkschiefer mit gegen 40 % siebartigen Feldspatporphyroblasten (u.d.M.).
- 1,5 m grauer, kalkig-sandiger Granat-Serizitschiefer.
- 2 m grauer, sandiger Serizit-Kalkschiefer.

- 1 m rötlich verwitterter Kalksandstein wie 68.
- 1 m schwarzer Serizit-Chloritphyllit.
- 72. 1 m grauer, feinknotiger Serizit-Kalkschiefer.
- 73. 3 m grauer Biotit-Muskowit-Serizit-Kalkschiefer.
- 76. 3,5 m grauer, massiger Sandkalk.
- 77. 1 m grauer, sandiger Serizit-Kalkschiefer.
- 1 m grauer, massiger Sandkalk wie 76.
- 78. 1,5 m grauer, schwach sandiger Serizit-Kalkschiefer.
- 79. 2 m grauer, schwach sandiger Kalk, schwach feldspatführend (u.d.M.).
- 6 m Wechsellagerung von grauem, schwach sandigem Kalk mit serizitführendem Kalkschiefer.
- 80. 4 m Wechsellagerung von grauem, schwach sandigem Kalk mit knotigem, serizitführendem Kalkschiefer.
- 81. 2,5 m Wechsellagerung von grauschwarzem Kalk mit Knotenkalkschiefer.
- 0,5 m schwarzer, knotiger Serizitschiefer.
- 82. 45 m cm-mächtige Wechsellagerung von grauschwarzem Kalk mit Knotenkalkschiefer.
- 83. 4 m grauer, sandiger Kalk (auf Kote 2015).
- 84. 3 m schwarzer Granat-Biotit-Serizitschiefer (met. Tonschiefer) mit 35 % Quarz, 40 % Serizit und Chlorit, 15 % Biotit, Chloritoid und Granat (u.d.M.).
- 85. 2 m schwarzer, schwach kalkiger Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer).
- 86. 1 m (nach einer Ruschelzone von 30-40 cm aus rekristallisiertem Quarz und Kalzit) grauer, feingebänderter Serizit-Quarzitschiefer mit 80 % Quarz, 10-15 % Chloritoid (u.d.M.).
- 22 m graue, sandig-kalkige Serizitschiefer, z.T. schwach knotig.

Schuppentrias (87b, 87c):

- 87b. auf Kote 2055 m im Bachbett aufgeschlossen: graugrüner Chlorit-Serizitphyllit (met. Quartenschiefer) und
- 87c. kalkiger Biotit-Serizit-Quarzitschiefer (met. Quartenschiefer) mit Quarzbiotit. Bei diesem Aufschluss handelt es sich um den gleichen Triaszug, der weiter westlich auf einer Kote von 2685 m unter dem Kummhorn durchzieht (Dolomit und met. Quartenschiefer) und bisher als Quarzitzug kartiert wurde (OBERHOLZER, 1956).

Serie der Nufenen-Knotenschiefer: auf der nördlichen Bachseite schliessen wechsella-
 110 m gernd Kalk und serizitführender Knotenkalkschiefer bis knotiger Serizit-Kalkschiefer an. Die Farbe ist grauschwarz bis schwarz.

Serie der Nufenen-Quarzite (88-100) bestehend aus zwei, durch knotige Kalkschiefer getrennten, eigentlichen Quarzitzügen, sowie Uebergangstypen von kalkigem Quarzit zu Sandkalk und sandigem Kalk:

- 88. 0,05 m grauschwarzer, schwach sandiger, spätiger Kalk.
- 89. 0,3 m grauer, kalkiger Quarzit mit 75-80 % Quarz, Rest aus Kalzit mit wenig Serizit und Erz (u.d.M.).
- 90. 0,3 m grauer, grobkörnig anwitternder Kalkquarzit mit 55-60 % Quarz.
- 0,2 m Sandkalk.
- 91. 0,25 m hellgrauer, schwach kalkiger Quarzit mit 90 % Quarz (u.d.M.).
- 92. 0,05 m grauer, sandiger, spätiger Kalk mit fraglichen Schalenresten.
- 93. 0,6 m grauer, rillig anwitternder Sandkalkschiefer.
- 0,3 m grauschwarzer Kalk.
- 94. 0,35 m grauer Sandkalk mit 35 % Quarz und 60-65 % Kalzit (u.d.M.).
- 95. 2,5 m weisser, schwach kalkiger Quarzit mit 95-96 % Quarz (u.d.M.), mit einzelnen cm-breiten, sandigen Kalklagen.
- 96. 0,5 m grauer, kalkiger Quarzit wie 89.
- 97. 1 m grauer Sandkalk mit 30-40 % Quarz.

98. 5 m grauer Kalksandschiefer mit 65-70 % Quarz, 25 % Kalzit (u.d.M.).
10 m grauer, knotiger Kalksandschiefer mit Uebergang zu Knotenkalkschiefer.
4 m weisser Quarzit wie 95.
99. 0,7 m grauschwarzer Sandkalk, "Fossilbank", mit Echinodermentrümmer und Schalenresten (Muscheln).
100.

Serie der Nufenen-Knotenschiefer:

101. 3 m schwarzer, kalkiger Knotentonschiefer.
102. 3 m 3-4 cm-mächtige Wechsellagerung von grauschwarzem Kalk und Knotenkalkschiefer.
103. 170 m grauschwarze Knotenkalkschiefer mit teils grossen Knoten und Stengel und bis mit Biotit, teils feinknotiger, in Wechsellagerung mit knotenarmen bis 106. knotenfreien Kalklagen.
7 m Gehängeschutt.

Schuppentrias (107, 108):

107. 1,5 m gelbe Rauhwacke.
108. 1 m graue, glimmerführende Dolomitm brekzie.

Liasschuppe (109-111) mit Gesteinstypen der Serie der Nufenen-Knotenschiefer (?) und der Serie der Termen-Tonschiefer (?). Die Zuordnung der vorliegenden Gesteinstypen zu einer der Serien ist sehr schwierig. Die schwarzen met. Tonschiefer sind im Handstück von Vertretern der Serie der Termen-Tonschiefer nicht zu unterscheiden. Trotzdem nicht auszuschliessen wäre die Möglichkeit, dass es sich um eine Schuppe der Serie der Nufenen-Granattonschiefer ohne Granat (?) handeln könnte:

109. 1,5 m blauschwarzer, feinknotiger Kalkschiefer.
110. 6 m schwarzer Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer) mit Chloritoid.
111. 2 m schwarzer Serizit-Chloritschiefer auf Kote 2000 m auf der nördlichen Bachseite.

Die Grenze zum gotthardmassivischen Kristallin ist nicht aufgeschlossen. Die ersten hakengeworfenen Kristallinaufschlüsse auf der nördlichen Bachseite bestehen aus stark geschieferten, braunen Biotitgneisen. Der erwähnte Bach befindet sich ungefähr 70 m südlich der Alphütte "Keller" (auf Blatt Nufenen der Landeskarte der Schweiz 1:50'000, Nr. 265 eingetragen). Die Aufschlüsse beginnen jedoch erst weiter oben auf Kote 1930 m. Das beschriebene Profilstrasse wurde gewählt, weil es die günstigsten Aufschlussverhältnisse für ein möglichst vollständiges Profil zwischen dem Blinnental und der Kummhornregion bietet.

3.12 Blinnental - Kummhorn

Bei einer Begehung der westlichen Hangseite des Blinnentales auf dem Anstieg gegen das Kummhorn stellen wir fest, dass die Aufschlüsse immer seltener werden. Gehängeschutt und Moränenmaterial einerseits und Vegetation andererseits bedecken den Fels. Bis zum Kummhorn und noch weiter nach SW sind nur die Knotenkalkschiefer, die unten im Blinnental nördlich und südlich an die Quarzite anschliessen, durchgehend verfolgbar. Die Knotenkalkschiefer, tiefgründig gegen N hakengeworfen, bauen einen steil gegen N abfallenden Grat mit dem Kummhorn als Kulminationspunkt auf. Die Quarzite dagegen verschwinden bereits nach 150 m unter der Vegetationsdecke und können in den Aufschlüssen weiter im SW nirgends mehr beobachtet werden.

3.13 Region Kummhorn

Die zahlreichen, wenn auch unvollständigen und für ein Detailprofil ungeeigneten Aufschlüsse lassen erkennen, dass das gotthardmassivische Mesozoikum mit Ausnahme der

fehlenden Quarzite noch aus den gleichen Gesteinstypen aufgebaut wird wie nahe der Sohle auf der westlichen Blinnentalseite. Nach den Bündnerschiefer im Süden folgen auf eine 2,5 - 3 m mächtige Grenztrias (vergl. Nr. 21 auf Tabelle I) aus gelbem, sandigem Dolomitschiefer harter, schwarzer met. Tonschiefer mit einzelnen Belemniten, gegen N zusammen mit grauem Serizit-Kalkschiefer und Serizitkalk wiederholt auftretend. Die noch im Blinnentalprofil aufgeschlossenen trennenden Triaszüge sind hier vermutlich unter der Vegetation in den zahlreichen Mulden zwischen den einzelnen Aufschlüssen von 0,5 - 6 m Mächtigkeit vorhanden. Aufgeschlossen finden wir triasische Gesteine sehr selten. Gegenüber dem Blinnentalprofil haben die schwarzen met. Tonschiefer an Mächtigkeit zugenommen. Die grauen Serizit-Kalkschiefer treten in diesem südlichen Bereich des gotthardmassivischen Mesozoikum deutlich zurück.

Weiter gegen N folgen wesentlich mächtigere Abfolgen aus Serizit-Kalkschiefer und nordwärts zunehmend häufigere Lagen von knotigem Serizit-Kalkschiefer. Nördlich Pt. 2656 m (Pass) ist bis zum Kummehorn Gipfel eine ungestörte Abfolge von knotigem Serizit-Kalkschiefer und Knotenkalkschiefer aufgeschlossen, die z.T. mit den Knotenkalkschiefer des Blinnentals lithologisch weitgehend übereinstimmen. Immerhin treten hier schon häufiger sandig-kalkige Lagen auf und die herausgewitterten Knoten sind weniger deutlich, die Stengel fehlen teils sogar. In der 110 m steil abfallenden und hakengeworfenen Nordflanke des Kummehorns sind die vom Blinnental heraufziehenden Knotenkalkschiefer aufgeschlossen. Durch diese Knotenkalkschiefer streicht 60 m unterhalb dem Gipfel ein Triaszug, der im E auf Kote 2680 m zusammen mit dem Wegli den Grat quert und im W auf dem Grat bei Kote 2700 m zugänglich ist. Dieser durchschnittlich einige m mächtige Triaszug aus Dolomit und braungrün anwitternden met. Quartenschiefer wurde von OBERHOLZER (1956) vermutlich irrtümlicherweise als Quarzitzug kartiert. Ueber den Quartenschiefer folgen offensichtlich normal stratigraphisch grauschwarze, kalkige Tonschiefer (ca. 1 m) und darauf die Knotenkalkschiefer und knotigen Serizit-Kalkschiefer. Nördlich dem hakengeworfenen Kummehornsteilabfall gegen Pt. 2636 m (Pass) fehlen Aufschlüsse bis zum Kristallin. Trias ist nirgends aufgeschlossen, so dass wir ihr Vorhandensein bestenfalls vermuten können.

Erst unterhalb dem weiter westlich folgenden zweiten Pass, Pt. 2728 m, finden wir einen geringmächtigen Aufschluss zwischen dem Kristallin im NW und den Knotenkalkschiefer im SE. Es handelt sich dabei um einen grauschwarzen, extrem feinschieferigen Serizit-Chloritschiefer (vergl. Fig. 3), der mit den üblichen Quartenschiefertypen kaum eine Ähnlichkeit aufweist. Ob dieser Schiefer als Vertreter der Trias oder möglicherweise des Permo-Karbons angesprochen werden soll, können wir nicht endgültig entscheiden.

3.14 Hinteres Rappental

Von der Wasserscheide Kummehorn-Twäri ziehen im S die im vorigen Abschnitt besprochenen Gesteinszüge hinunter zum Talboden, wo sie grösstenteils unter Lokalmoräne, Gehängeschutt oder unter hakengeworfenen bis versackten Bündnerschiefermassen verschwinden. Im N können wir die in einem spitzen Winkel zum Talboden verlaufenden Schichten an einzelnen Aufschlüssen etwas weiter verfolgen. Zuhinterst im Rappental auf der Nordseite kann das tektonische Auskeilen einer Liasschuppe (vergl. Kapitel Tektonik) im Tobel SW Pt. 2728 m beobachtet werden. Aus der Richtung von Pt. 2620 m streicht ein Triaszug, der vermutlich mit jenem unterhalb dem Kummehorn identisch ist. Dieser Triaszug hier wird aus Dolomitschiefer und met. Quartenschiefer gebildet, wobei im W noch Rauhwacke dazukommt. Ein sicherer Zusammenhang zwischen den beiden Triaszügen kann mangels Aufschlüssen nicht nachge-

wiesen werden. Dem Hang entlang weiter gegen SW können in einzelnen Aufschlüssen immer noch Knotenkalkschiefer und knotige Serizit-Kalkschiefer beobachtet werden, die seitlich und im Streichen immer deutlicher in z.T. knotige, sandige Serizit-Kalkschiefer übergehen.

Beidseits dem Mühlebach entlang sind vor allem wiederholt auftretende schwarze met. Tonschiefer, dann sandige Kalkschiefer und schmale Triaszüge aufgeschlossen. Auf der südlichen Mühlebachseite sind die Aufschlüsse bedeutend weniger zahlreich und äusserst schwierig zu begehen. Eine schmale (0,5 - 1 m) Grenztrias zwischen den nördlichen schwarzen met. Tonschiefer und den Bündnerschiefer im S können wir im hintern Rappental an zwei Stellen nachweisen.

Das nördlich dem Mühlebach auf mehrere 100 m verfolgbare Auftreten eines gebänderten, braungrünen Quarzites (mit Chloritoid) und Quarzitschiefers von 1,5 bis 3 m Mächtigkeit verdient besonders erwähnt zu werden. Dieser Quarzit ist jenem der Serie der Nufenen-Quarzite aus dem Blinnental weder makroskopisch noch mikroskopisch ähnlich (vergl. Fig. 40); jedoch zeigt er gute Uebereinstimmung mit dem Quarzit (BL 20) der Serie der Termen-Kalkschiefer im Blinnentalprofil.

Drei begehbare N-S verlaufende Rinnen zum Mühlebach gestatten einen Einblick in die Schichtverhältnisse des mittleren bis südlichen gotthardmassivischen Mesozoikums. Das vollständigste Querprofil sei hier wiedergegeben.
Beginn im S im Mühlebachtobel auf Kote 2280 m (Koord. 661.430/140.200):

Serie der Termen-Kalkschiefer (1-5):

1. 7 m grauer, rilliger Sandkalk, körnig verwitternd.
2. 1,5 m Lücke (Vegetation)
3. 1 m braungrün verwitternder Quarzit.
4. 0,5 m Quarzknuern.
5. 2 m braungrün verwitternder Quarzit mit Chloritoid (11.9.64/7).
6. 1,5 m Lücke (Vegetation)

Serie der Termen-Tonschiefer:

7. 25 m schwarzer met. Tonschiefer, z.T. mit Granat, z.T. mit feinen Knötchen.
Mit einigen unbestimmbaren Ammonitenbruchstücken.

Wechselagerung von Gesteinstypen der Serie der Termen-Kalkschiefer und der Serie der Nufenen-Knotenschiefer:

8. 45 m grauer Serizit-Kalkschiefer mit allmählichem Uebergang in knotigen Serizit-Kalkschiefer und Knotenkalkschiefer. Mit zahlreichen Belemniten, einzelnen Echinodermentrümmer (Crinoidenstielglieder).
9. 15 m grauer Serizit-Kalkschiefer.
10. 25 m rillig herauswitternde Wechselagerung von Kalkbänken mit grauschwarzen Knotenkalkschiefer, mit zahlreichen Belemniten.
11. 10 m graue Serizit-Kalkschiefer und knotige Serizit-Kalkschiefer.

Ende der Aufschlüsse auf Kote 2365 m.

Die beiden andern Querrinnen, einige 100 m weiter westlich, können nur noch mit Mühe mit dem hier beschriebenen Profil parallelisiert werden. Die Gesteinstypen bleiben dieselben, jedoch variieren sie sehr stark in der Mächtigkeit; zudem treten noch 0,5 - 1 m mächtige Quartenschieferzüge (grüne Serizitschiefer) auf.

3.15 Mittleres Rappental

Längs dem Nordufer des Mühlebaches kann während 700 m von Kote 2090 m bis Kote 2040 m ein 10-20 m hoher Aufschluss verfolgt werden. Meist sind nur die untern 1-2 m direkt am Bach befindlichen Gesteinsschichten normal anstehend. Darüber folgen ha-

kengeworfene und versackte Massen in denen eine Gliederung sehr schwierig ist. Das Streichen wechselt zwischen einem spitzen Winkel zum Bach und einem hiezu parallelen Verlauf. Aufgeschlossen sind Knotenkalkschiefer, knotige Serizit-Kalkschiefer, Serizit-Kalkschiefer, kalkige Serizitschiefer und direkt am Wasser rillig anwitternder, sandiger Serizitkalk bis Serizit-Kalkschiefer (vergl. Fig. 2).



Fig. 2. Rillig anwitternder, sandiger Serizit-Kalkschiefer im Hangenden der knotigen Serizit-Kalkschiefer am Nordufer des Mühlebachs auf Kote 2065 m.

Erstmals seit dem Blinnental (E-Seite) ist hier zwischen knotigen Serizit-Kalkschiefer eine sandige Kalkbank mit Schalenresten (Lumachellen), Crinoidenstielglieder und undeutbaren Echinodermentrümmer gefunden worden. 250 m weiter talauwärts nach dem letzten Aufschluss mündet ein N-S verlaufender Graben in den Mühlebach. Diese Rinne erlaubt zum letzten Mal vor der Rappentalumbiegung fast 3 km weiter im W einen Einblick in die Gesteinszusammensetzung und Abfolge der gottshardmassivischen Sedimentbedeckung im N.
Beginn des Profils im S 10 m über dem Weg auf Kote 2035 m (Koord. 659.715/139.220). Die Mächtigkeitsangabe hat nur geschätzten Charakter.

Gesteine der Serie der Termen-Kalkschiefer und Uebergangstypen zu jenen der Serie der Nufenen-Knotenschiefer:

1. 40 m graue Serizit-Kalkschiefer und Uebergang zur Wechsellagerung von Kalk mit Knotenkalkschiefer.
2. 10 m grauschwarze, sandige Serizitschiefer, z.T. kalkig und mit feinen Knötchen.
3. 4 m grauschwarze, kalkige Serizitschiefer (met. Kalktonschiefer).

Schuppentrias:

4. 0,5 m rostgrün verwitternde Serizitschiefer (met. Quartenschiefer).

Uebergangsgestein zwischen der Serie der Termen-Kalkschiefer und der Serie der Nufenen-Knotenschiefer:

5. 30 m graue, knotige Serizit-Kalkschiefer.

Schuppentrias:

6. 0,5 m gelblich-weiße, sandige Dolomitschiefer.

Serie der Nufenen-Knotenschiefer:

7. 40 m Wechsellagerung von grauschwarzem Kalk mit Knotenkalkschiefer.

8. 7 m Wechsellagerung von grauem Kalk mit knotigen Serizit-Kalkschiefer und Serizit-Kalkschiefer.

Gotthardmassivische Trias mit einer Kristallinschuppe (?):

9. 6 m gelblich-weißer Dolomitschiefer, Dolomit- und quarzitische Kalkmarmorlagen und Rauhwacke.

10. 50 m grau-grüner Biotit-Chlorit-Quarzitschiefer, feldspatführend (u.d.M.).

11. 30 m nicht aufgeschlossen (Vegetation).

12. 25 m geschieferter, gelblich-weißer, quarzitischer Dolomit- und Kalkmarmor.

13. 25 m gelbbraune Rauhwacke.

14. 20 m weiße, massige Arkose.

Ende des Aufschlusses auf Kote 2215 m.

Der Kontakt zum Kristallin des Gotthardmassivs ist in unserm Profil nicht aufgeschlossen, doch kann jenes in kleinen Aufschlüssen unweit vom Profil als fast weißer Muskowit-Na-K-Feldspatgneis angeschlagen werden. Im oben aufgeführten Profil haben wir auf drei Besonderheiten hinzuweisen. Einmal die bereits sehr mächtige gotthardmassivische Trias, die später nach der Rappentalumbiegung und im Riedgraben noch weiter anschwillt. Hier lässt sich der Triaszug über 300 m weit in kleinen Aufschlüssen nach E verfolgen. Zum Zweiten ist in die mächtige Triasabfolge ein grau-grüner Biotit-Chlorit-Quarzitschiefer eingeschuppt, der im gesamten Untersuchungsgebiet im südlichen Kristallinbereich des Gotthardmassivs sonst nirgends auftritt (16.10.63/4). Als dritte Auffälligkeit ist die Arkose im Liegenden der Rauhwacke zu erwähnen (9.8.62/2); diese Arkose ist sowohl im SW als auch im NE noch einigemal aufgeschlossen.

Zwischen dem beschriebenen Profil und der Umbiegung des Rappentales ist die gotthardmassivische Sedimentbedeckung fast völlig unter Gehängeschutt, Alluvionen und versackten Bündnerschiefermassen im S verborgen. Einzelne, hakengeworfene Aufschlüsse finden sich längs dem Mühlebach, in denen sowohl knotige, kalkige und kalkig-sandige Schiefer wie auch met. Tonschiefer und schmale Triaszüge aus Dolomitschiefer und met. Quartenschiefer vertreten sind.

3.16 Rappentalumbiegung

3.161 Profil des Zuleitungsstollens Feld

Nach gründlichem Abwägen der Vor- und Nachteile haben wir uns entschlossen, das geol. Profil des Zuleitungsstollens Feld (Feldbach-Rappental) als westliches Detailprofil auszuwählen. Der Verlauf der Stollenaxe ist auf Tafel I eingetragen. Mit diesem Entschluss benützen wir die Gelegenheit, ein vollständiges Profil zu beschreiben, wie dies auf Grund der Oberflächenaufschlüsse nicht möglich gewesen wäre. Einen weiteren Vorteil bietet das grösstenteils frische und unverwitterte Gesteinsmaterial, das die Dünnschliffuntersuchungen erleichtert oder z.T. erst ermöglicht. Der Zuleitungsstollen Feld, der ab Stollenportal Rappental auf 1797 m vorerst einige 100 m durch die Ortho- und Mischgneise des Gotthardmassivs führt, quert die gotthardmassivische Trias auf kürzeste Distanz, d.h. senkrecht zum Streichen der steil nach S einfallenden Schichten. Die Stollenmetrierung entspricht in diesem Abschnitt ungefähr der tatsächlichen Mächtigkeit der durchfahrenen Gesteinsschichten. Im standfesten Liasfels ändert die Stollenaxe und kreuzt die Streichrichtung in einem durchschnittlichen Winkel von 55°. Wir haben deshalb auf die Angabe der Stollenmetrierung verzichtet und die Schichtmäch-

tigkeiten nach Abzug des Korrekturbetrages von 20 % angegeben. In dieser Korrektur ist auch die zu grosse Mächtigkeit berücksichtigt, die sich aus dem Steil- aber nicht Vertikalstehen der Schichten ergibt. Die Fels- und eine geringe Gehängeschuttüberlagerung beträgt in dem zu besprechenden Stollenabschnitt 160-320 m. Einen Nachteil dieser Profilwahl sei noch festgehalten. Es ist möglich, dass mit dem teils schiefen Anschneiden der Schichten Gesteinszüge erfasst werden, die bei einem senkrecht zur Schichtung verlaufenden Profil nicht tangiert würden. Wir denken vor allem an Triaslinsen. Selbstverständlich wäre auch der umgekehrte Fall denkbar, nämlich dass solche Linsen gerade nicht mehr tangiert werden. Die Handstücke tragen die Bezeichnungen R 95 - R 16.

Bündnerschiefer im S:

95. grauer, lagiger Serizitkalk bis Serizit-Kalkschiefer.

Grenztrias:

94. 3,6 m hellgraue, geschieferte Dolomitbrekzie mit Muskowit und Phlogopit.
92b. 1,6 m weisser, grau-schwarz gefleckter Kalkmarmor, grobkristallisiert.
92a. 4 m weisser, schwach dolomitischer Kalkmarmor aus grobkristallisiertem Kalzit und wenig fein verteiltem Dolomit.
93b. 2,4 m hellgrauer Dolomit- und Kalkschiefer mit Glimmer (cm-mächtiger Wechsel von Dolomit- und Kalklagen).
93a. 2,4 m hellgrauer Muskowit-Kalkschiefer.

Serie der Termen-Tonschiefer (91b - 81b):

- 91b. 3,2 m schwarzer, schwach kalkiger Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer).
91. 18,8 m schwarzer, kalkiger Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer).
90. 0,8 m hellgrauer, kalkiger Serizit-Muskowit-Quarzitschiefer.
3,2 m schwarzer, schwach kalkiger Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer).
89. 1,6 m weisser Biotit-Muskowit-Kalkmarmor.
88. 0,8 m hellgrauer Biotit-Muskowitkalk.
87. 0,8 m weisser Muskowit-Quarzitkalkmarmor.
59 m schwarzer Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer), teils schwach kalkig und einige m granatführend. Selten gestreckte Belemniten.
86b. 3,2 m schwarzer, schwach kalkiger Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer) mit feinen Knötchen auf den Schichtflächen = Feldspat (u.d.M.).
86a. 21,6 m schwarzer, schwach sandiger und völlig karbonatfreier Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer).
85. 8 m grauschwarzer, kalkiger Serizit-Chloritschiefer (met. Kalktonschiefer).
84. 6,4 m schwarzer, schwach sandiger Chlorit-Serizitschiefer (met. Tonschiefer) mit Chloritoid (u.d.M.).
82. 6,4 m grauschwarzer Biotit-Serizit-Kalkschiefer (Querbiotit).
81b. 4 m schwarzer Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer) mit Granat und Querbiotit.

Serie der Termen-Kalkschiefer (81a - 73b) mit Uebergangstypen zur Serie der Nufenen-Knotenschiefer (75): Stollenmetrierung 820 m.

- 81a. 4 m grauschwarzer, sandiger Serizit-Kalkschiefer.
16 m Wechsellagerung von (2 - 10 cm):
80c. schwarzem, wenig serizitführendem Kalk mit
80b. grauschwarzem, sandigem Biotit-Kalkschiefer mit 20 % β -Zoisit (u.d.M.).
8 m Wechsellagerung von (5 - 10 cm):
80a. grauem, schwach sandigem Serizit-Kalkschiefer mit stark gelängten Kalzitkörner und Feinfältelung (u.d.M.) mit
79. grauem Serizitkalk.
78. 67 m grauschwarzer, sandiger Serizit-Kalkschiefer, z.T. mit feinen Knötchen

- bis auf den Schichtflächen.
75. grauschwarzer, feinknotiger, sandiger Serizit-Kalkschiefer mit 45 % Kalzit, 20 % Quarz, 20 % Serizit und 15 % siebartigem Feldspat (u.d.M.). Das Gestein wird parallel der Schieferung von zahlreichen weissen Linsen und Schnüren aus Quarz und Kalzit durchzogen.
74. 29 m grauschwarzer Biotit-Serizit-Sandkalkschiefer mit reichlich Feldspat in netzartigen Lagen und als Porphyroblasten, Biotit kann öfters fehlen. Die Zahl und Grösse der weissen Linsen und Schnüren hat zugenommen.
- 4 m blauschwarzer, massiger Kalk.
- 73b. 0,85 m grauschwarzer Serizit-Kalkschiefer mit feinen Knötchen und viel Pyrit.
- Schuppentrias (73a - 66) unter sich verschuppt und mit eingeschrüftem Serizitkalk:
- 73a. 0,15 m grau-grüner Serizitschiefer, olivgrün gefleckt (met. Quartenschiefer).
72. 0,5 m grüner Biotit-Chlorit-Quarzitschiefer mit 60 % Quarz und Epidot (u.d.M.).
71. 3,5 m weisser, dolomitischer Kalkmarmor.
- 1 m Wechsellagerung von Kalk- und Dolomitschiefer.
- 1 m Lücke.
- 70a. 0,6 m hellgrauer, pyritreicher Biotit-Muskowit-Quarzitschiefer mit 65 % Quarz.
70. 0,4 m weisser Quarzit, feldspatführend (u.d.M.).
- 1 m grauschwarzer, sandiger Serizitkalk mit weissen Schnüren und Linsen.
69. 1 m hellgrau-dunkelgrau gebänderter Chlorit-Quarzitschiefer.
- 4 m Lücke.
68. 4 m Wechsellagerung (2 - 5 cm) von schwarz-weiss gebändertem Kalk mit bräunlich-weissem Dolomit/Kalkmarmor.
67. 1,5 m grau-grüner Serizitschiefer, olivgrün gefleckt (met. Quartenschiefer).
- 0,5 m Quarzknuern.

Liasschuppe aus Gesteinen der Serie der Termen-Kalkschiefer:

65. 7 m grauschwarzer, sandiger Serizit-Kalkschiefer mit wenigen Schnüren und Linsen aus Quarz und Kalzit.

Schuppentrias:

64. 4 m Wechsellagerung von grauem Kalkmarmor mit grau-grünen Serizitschiefer mit olivgrünen Flecken (met. Quartenschiefer).

Liasschuppe aus Gesteinen der Serie der Termen-Tonschiefer:

62. 10 m grauschwarzer, schwach kalkiger Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer).

Schuppentrias (63 - 54) unter sich verschuppt und mit eingeschrüftem Kalkschiefer:

63. 1 m grau-grüner, kalkig-sandiger Chlorit-Serizitschiefer, olivgrün gefleckt wie 51 und mit viel Pyrit auf den Kluftflächen.
61. 2 m blauschwarzer, schwach sandiger Kalkschiefer mit 97 % Kalzit (u.d.M.).
60. 0,2 m Quarz- und Kalzitknuern.
- 1 m Lücke.
59. 1 m grau-grüner Biotit-Serizit-Quarzitschiefer.
58. 1 m grüner Biotit-Serizitphyllit, der sich in 10-20 cm dicken Lagen öfters wiederholt, getrennt durch cm-mächtige Quarzitschiefer.
57. 1 m hellgrauer Chlorit-Serizitphyllit mit Muskowitschüppchen und Rosetten aus pleochroitischem Chloritoid (u.d.M.).
56. 1 m grau-grüner, kalkiger Chlorit-Quarzitschiefer.
- 2 m Lücke.
55. 2 m weisse, tektonische Quarz-Dolomitbrekzie mit Muskowit und Phlogopit.
54. 1 m grau-grüner, sandiger Serizit-Chlorit-Kalkschiefer mit Epidot (u.d.M.).

Liasschuppe aus Gesteinen der Serie der Termen-Tonschiefer und der Termen-Kalkschiefer:

53. 7 m schwarzer Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer).

52. 6 m grauschwarzer, feinlagiger Serizitkalk und Serizit-Kalkschiefer mit weissen Schnüren und Linsen aus Quarz und Kalzit.

Schuppentrias (51 - 39) unter sich verschuppt und mit eingeschürftem Kalkschiefer:

51. 0,4 m graugrüner, sandiger Muskowit-Kalkschiefer mit 20 % β -Zoisit (u.d.M.).
51a. 0,6 m grauer, sandig-kalkiger Serizit-Chloritschiefer, olivgrün gefleckt, mit Feldspatporphyroblasten, Epidot und Biotit (u.d.M.).
0,2 m Quarzknuern.
2 m weisser Dolomitschiefer wechsellagernd mit 10-30 cm-mächtigen Lagen von grünen Serizitphylliten.
50. 0,3 m grüner Biotit-Serizitphyllit.
49. 0,5 m weisser Muskowit-Phlogopit-Dolomitmarmor.
48. 0,2 m gelblich-weisser Muskowit-Phlogopit-Dolomitmarmor.
2 m Lücke.
3 m Wechsellagerung von
47. weissem, teils sandigem Muskowit-Phlogopit-Dolomitmarmor mit
46. grünen Serizitphylliten.
45. 0,9 m hellgrüner, schwach kalkiger Serizit-Quarzitschiefer.
44. 0,8 m hellgrüner, sandiger Serizit-Kalkschiefer.
0,2 m Ruschelzone mit diskordanter Stirne einer Liasschuppe aus
43. 1 m grauschwarzem, sandigem Serizit-Kalkschiefer.
1,3 m weisser Dolomitschiefer.
0,4 m grüne Serizitphyllite.
42. 0,5 m hellgrüner, sandiger Serizit-Kalkschiefer mit 10 % Epidot (u.d.M.).
41. 0,8 m gelblicher, quarzitischer Dolomitmarmor.
40. 0,4 m grüne Serizitphyllite.
39. 1,1 m gebänderter Dolomitmarmor mit quarzitisches Dolomitlagen.
0,2 m Ruschelzone mit Quarzknuern.

Stollenmetrierung 588 m: Es folgt eine

- 77 m mächtige Zone von monotonen grauen, sandigen Serizitkalken und Serizit-Kalkschiefer (38 - 31) der Serie der Termen-Kalkschiefer mit einzelnen, untergeordnet auftretenden Tonschieferlagen (34). Beispiele:
35. grauer, sandiger Serizit-Kalkschiefer mit grossen, siebartigen Feldspatporphyroblasten (u.d.M.).
34. grauschwarzer, kalkig-sandiger Serizitschiefer (met. Tonschiefer). Der Anteil von weissen Schnüren und Linsen aus Quarz und Kalzit ist sehr unterschiedlich. An die oben erwähnte 0,2 m mächtige Ruschelzone schliessen 5 m mit zahlreichen Schnüren und grösseren Linsen (20-30 cm x 5-15 cm) an, gefolgt von 43 m mit weniger und kleineren Linsen und ohne Schnüre und schliesslich 29 m mit zahlreichen Schnüren und Linsen.
30. 1 m grauer Chlorit-Quarz-Kalzitmylonit mit grossen Apatiten bis 6 mm (u.d.M.).

Gotthardmassivische Trias (29-17):

29. 1,5 m grauweisser, dolomitischer Kalkschiefer mit Glimmer.
28. 1 m grauer, geschieferter Serizit-Kalkmarmor.
27. 0,4 m weisser, kalkiger Quarzit.
27a. 0,5 m weisser, sandiger Kalkmarmor mit grauen Dolomitlinsen.
9 m Lücke (vermutlich nasse, verwitterte Dolomitschiefer und einige m met. Quartenschiefer).
2 m mürbe, serizitreiche Dolomitschiefer.
4 m geschieferter Dolomitmarmor mit Glimmer.
26. 1 m gelblich-weisser Muskowit-Phlogopit-Dolomitschiefer.
25. 2 m grauweisser Kalkmarmor mit cm-mächtigen Barytlagen (körnig).
2,5 m Lücke.

- 1 m weisser Kalkmarmor.
- 24. 1 m weisser, barytführender, schwach kalkiger Quarzit.
- 1 m weisser Kalkmarmor.
- 23. 1 m weisser Baryt mit wenig Quarz und Kalzit.
- 22. 3 m Wechsellagerung von Kalkmarmorbänder mit 3-5 cm mächtigen, weiss-bläulichen Barytlagen.
- 1 m Lücke.
- 21. 1 m grauweisser Kalkmarmor mit wenig Quarz.
- 3 m Lücke.
- 20. 1 m grauweisser Kalk- und Dolomitmarmor in cm-mächtiger Wechsellagerung.
- 35 m Lücke.
- 19. 1 m gelber, körnig zerbröckelnder Grus aus Kalzit, Dolomit und Quarz.
- 18. 4,5 m weisser, harter Dolomitmarmor.
- 3,5 m Lücke.

Mit einer grauweissen, massigen Arkose (17) folgt auf die karbonatische Trias ein Gesteinstyp, der allmählich in einen Muskowit-Na-K-Feldspatgneis (Typ "Streifengneis" der Orthogneiszone des Gotthardmassivs) übergeht.

- 17. grauweisse, massige Arkose, ohne makroskopische Paralleltexur, mit wesentlich weniger Na-K-Feldspat und mehr Quarz (u.d.M.) als die Orthogneise.
- 20 m weiter ist der Uebergang zum "Streifengneis" makroskopisch deutlich erkennbar:
- 16. grauweisser, schwach groblagiger Muskowit-Na-K-Feldspatgneis.

Die geologische Aufnahme der gotthardmassivischen Trias (belegt durch die Handstücke 29-17) gestaltete sich sehr schwierig. Der schlechten Felsqualität wegen, erwies sich ein Marciavanti-Vortrieb mit Totaleinbau als notwendig. Mit dem Vortrieb fortschreitend, wurden First und beide Paramente des Stollens mit Eisenplatten völlig abgedeckt (im Profil als Lücke angegeben). Die oben angeführten Daten über die verschiedenen, triasischen Gesteine stützen sich teils auf offen gebliebene, oft nur dm-breite und ein bis mehrere Meter lange Lücken in der Verkleidung. Zum andern Teil dienten die Beobachtungen von verschiedenen Vortriebsbegehungen, sowie die Aussagen des Bauführers und des Aufsehers. *

3.162 Beschreibung der Aufschlüsse

Die Mächtigkeit der gotthardmassivischen Triaszone im Stollenprofil stimmt mit den Oberflächenaufschlüssen sehr gut überein. Auf Grund des Gesteinsinhaltes dieser allerdings unvollständigen Aufschlüsse (auf Kote 1930 m, längs der Bisse bei der Rappental-umbiegung) dürfen wir annehmen, dass die Lücke von 35 m im Stollen grösstenteils aus Rauhwacke, sowie Dolomit- und Kalkmarmor, zuckerkörnig verwitterndem Dolomit und möglicherweise aus einzelnen Anhydrit/Gips-Linsen besteht. Beweise für das Auftreten der letzteren fehlen jedoch. Immerhin konnten im Riedgraben bei Ausserbinn (1,5 km SW des Stollens) verschiedentlich Gips-linsen und -stöcke festgestellt werden. Gegen die angenommene Präsenz von Gips/Anhydrit sprechen einerseits die chemischen Analysen zweier Quellen aus der Triaszone (Quellaustritte je am Anfang und am Ende der 35 m Lücke), deren Werte für Sulfat mit 9,6 bzw. 7,2 mg/l eher noch niedriger sind als bei den Quellen im Lias und in den Bündnerschiefer. Andererseits spricht das Vorkommen von Baryt, der auf Grund seiner Löslichkeit von allen Sulfaten zuerst ausfallen müsste, eher auf ein mögliches Auftreten von Gips/Anhydrit in einer weiter südlich folgenden Lücke, d.h. auf jeden Fall nach und nicht vor dem Baryt.

* Den Herren A. PFAFFEN und J. SCHMID sei an dieser Stelle für ihr stets freundliches Entgegenkommen und ihre Mithilfe herzlich gedankt.

Im weitem Verlauf der Bisse talaufwärts können die liasischen Gesteine, getrennt durch Triaszüge, verfolgt werden. Von diesen Triaszügen ausgehend lassen sich die geologischen Aufnahmen im Stollen Feld mit den Aufschlüssen an der Oberfläche korrelieren. Allerdings weisen die Triaszüge eine schwankende Mächtigkeit und eine wechselnde Zusammensetzung auf. Ferner können im Stollen zusätzliche Verschüppungen mit schmalen Triasbänder nahe den grösseren Triaszonen beobachtet werden, die an der Oberfläche fehlen oder überdeckt sind. Ungefähr 5 m vor dem typischen Lawinentobel in der Ecke der Talumbiegung beginnen die mächtigen schwarzen met. Tonschiefer. Das Tobel aufsteigend, können die hier hakengeworfenen schwarzen met. Tonschiefer, teils granatführend, bis auf Kote 2030 verfolgt werden. Eine 2 m mächtige Grenztrias vor den Bündnerschiefer besteht aus weissem Kalkmarmor und feinkavernös verwitterndem Kalk-Dolomitmarmor.

Gegen SW zieht das gotthardmassivische Mesozoikum bis auf 2200 m am Grat zum Eggerhorn hinauf und jenseits hinunter in die Region Ausserbinn.

3.17 Region Ausserbinn

Vom breiten NW-Grat des Eggerhorns über den Schlettergraben, die Binntalstrasse bis zum Binnatobel an der Grenze unseres Untersuchungsgebietes lässt sich die gotthardmassivische Sedimentbedeckung in einer grossen Zahl von Aufschlüssen verfolgen. Diese Region wurde bereits von P. MEIER & W.K. NABHOLZ (1949) mit einem Detailprofil durch den Schlettergraben beschrieben, wir verzichten deshalb auf eine Wiederholung. Dafür sollen die geologischen Verhältnisse zusammengefasst und die uns wichtig erscheinenden Details beschrieben werden. In den südlichen Aufschlüssen gegen die Bündnerschiefer ist die Grenztrias in wechselnder Mächtigkeit immer vorhanden. Im Liegenden der oft verschuppten Trias folgen immer die schwarzen met. Tonschiefer der Serie der Termen-Tonschiefer in einer Mächtigkeit bis zu 250 m. Die sandigen, teils knotigen Serizit-Kalkschiefer und Serizitkalke im N erreichen eine Mächtigkeit bis zu 350 m. In dieser eintönigen Kalkschieferserie ist ein einziger schuppentrennender Triaszug aufgeschlossen (im Schlettergraben und in der nur im Winter zugänglichen Binnaschlucht). Sowohl im Schlettergraben, wie auch in der Binnaschlucht konnten wir noch vereinzelt wenige m von grauschwarzen Knotenkalkschiefer in den teils knotigen, sandigen Serizit-Kalkschiefer feststellen. Diese Beobachtung ist deshalb wichtig, weil damit die bisherige Ansicht widerlegt wird, wonach die Knotenkalkschiefer im Blinnental vollständig verschwinden würden.

Die gotthardmassivische Trias schwillt im Schlund und im Ried bis zu einigen 100 m Mächtigkeit an. In zahlreichen, einzelnen, oft sehr kleinen Aufschlüssen sind durchwegs Rauhwacke, Dolomit-Kalkmarmor, sowie Gips bei der Strassenkehre E Ausserbinn (Pt. 1286 m) anzutreffen. Die weichern und weniger widerstandsfähigeren Gesteine wie Serizitschiefer und Phyllite (met. Quartenschiefer) sind vermutlich in kleinen Mulden unter der Vegetationsdecke unserm Auge entzogen. Dass die met. Quartenschiefer nicht fehlen, können wir an der Stollendeponie beim Fenster der Rhonewerke AG (unterhalb der Strasse bei Pt. 1286 m) erkennen.

In einem kurzen Detailprofil seien zum Schluss die Grenzverhältnisse gegen die Bündnerschiefer im S beschrieben. Die Aufschlüsse befinden sich längs der Bisse auf Kote 1440 m im Tobel nördlich der Posthaltestelle Steinmatten. Dieses Profil ist bereits in P. MEIER & W.K. NABHOLZ (1949) aufgeführt. Auf Grund abweichender Beobachtungen und vor allem der Dünnschliffuntersuchungen wegen, geben wir es nachstehend wieder (die Handstück- bzw. Dünnschliffnummer ist in Klammer angegeben):

Bündnerschiefer:

1. (26.9.61/6) graubraun verwitternder, sandiger Biotit-Serizit-Kalkschiefer mit 60 % Kalzit, 25 % Quarz, 15 % Glimmer (u.d.M.).

2. 6 m (26.9.61/7) grauer Biotit-Chlorit-Serizitschiefer mit 5 % Ilmenit und Rutil (u.d.M.).

Unter sich verschuppte Grenztrias mit eingeschrüften Bündnerschiefer und schwarzen met. Tonschiefer der Serie der Termen-Tonschiefer:

3. 8 m Wechsellagerung von gelbem Dolomitschiefer und (26.9.61/8) bräunlich anwitterndem Quarzit bzw. Arkose mit 60 % Quarz, 30 % Plagioklas (u.d.M.).
4. 0,5 m (26.9.61/9) schwarzer, fleckiger Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer) mit siebartigen Feldspatporphyroblasten (u.d.M.).
5. 1 m (26.9.61/10) gelber Dolomitschiefer mit Muskowit und Phlogopit.
6. 2,5 m (26.9.61/11) gelber, schwach sandiger Dolomitmarmor mit Muskowit und Phlogopit.
7. 1,5 m (26.9.61/12) bräunlich anwitternder, grüner Chlorit-Serizitschiefer (met. Quartenschiefer) mit braunem Querbiotit, reichlich Epidot und Pyrit (u.d.M.).
8. 1,5 m (26.9.61/13) grauer, schwach sandiger Serizit-Kalkschiefer mit 70 % Kalzit, 20 % Serizit, 7 % Quarz und 3 % Feldspatporphyroblasten (u.d.M.).
9. 10 m (26.9.61/14) grauer Serizit-Kalkschiefer mit lagig angereicherten Feldspatporphyroblasten und Serizit (u.d.M.). Makroskopisch mit zahlreichen weissen Schnüren und Linsen aus Kalzit und Quarz.
10. 16 m (26.9.61/15) weisser, sandiger Serizit-Muskowit-Kalkschiefer, verfältelt.
11. 5 m (26.9.61/16) braun anwitternder, grauer, sandiger Kalkschiefer mit 75 % Kalzit, 24 % Quarz und 1 % Serizit (u.d.M.).

Serie der Termen-Tonschiefer:

12. 2 m (26.9.61/17) rostig anwitternder, hellgrauer, pigmentfreier Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer) mit 20 % gelängtem Quarz (u.d.M.).
13. 8,5 m (26.9.61/18) schwarzer, kalkfreier Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer) mit wenig Quarz und Chloritoid (u.d.M.).
14. 6 m rostig anwitternder, hellgrauer, pigmentfreier Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer) wie /12.
15. schwarzer, kalkfreier Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer) wie /13.

3.2 Stratigraphie und Gesteinsbeschreibung

3.21 Permo-Karbon

SW dem Kummhorn unterhalb Pt. 2728 m steht ein grauschwarzer, matt glänzender Magnetit-Chlorit-Serizitschiefer zwischen den Gneisen des Gotthardmassivs und dem Lias an. Die autochthone Trias ist an dieser Stelle nicht aufgeschlossen, vermutlich aber südlich der oben erwähnten Schiefer unter Gehängeschutt und Vegetationsdecke vorhanden. Die extreme Feinschieferung lässt makroskopisch auf einen Phyllit schliessen, doch enthält er u.d.M. bis 50 % Quarz. Der vorliegende Schiefer ist weder makroskopisch noch mikroskopisch den met. Quartenschiefertypen des Untersuchungsgebietes ähnlich, so dass wir ihn auf Grund seiner stratigraphischen Stellung und seiner lithologischen und mineralogischen Uebereinstimmung mit permo-karbonischen Magnetit-phylliten bzw. -schiefer am Nordrand des Gotthardmassivs als permo-karbonisch ansprechen möchten

P. NIGGLI (1914, S. 76) erwähnt in der Serie der Turmalin führenden Magnetit-Chloritschiefer im Verrucano "die eigentümlichen Turmalinsäulchen, die als kleine Porphyroblasten im Grundgewebe verteilt sind und während der letzten Metamorphose neu gebildet wurden" als besonders bemerkenswert. Im untersuchten Dünnschliff tritt Turmalin jedoch nur ganz vereinzelt auf.

Dünnschliffbeschreibung

8.8.61/2 (Fig. 3) Magnetit-Biotit-Chlorit-Serizitschiefer

Mineralbestand: HG: Quarz bis 50 %, Chlorit-Serizit

NG: brauner Biotit

UG: Apatit, Turmalin, Erz, schwarzes Pigment

In der Grundmasse aus Serizit und etwas Chlorit treten lagig, stark gelängt Quarz-
körner auf; ihre Länge schwankt von 0,1 - 0,25 mm. Der braune Biotit hält sich an
die Quarzlagen. Die Textur ist extrem feinschiefrig.

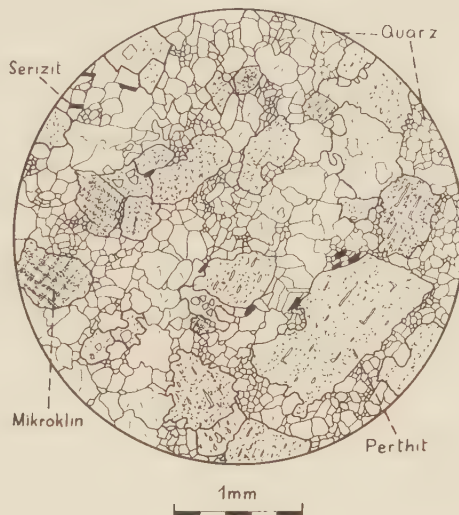


Fig. 3. (8.8.61/2) Extrem feinschiefriger, sandiger Chlorit-Serizitschiefer mit braunem Biotit. Auffallend sind die stark gelängten Quarzkörner.

Fig. 4. (9.8.62/2) Arkose in der Basis der Trias mit kataklastischem Quarz. Glimmer fehlt nahezu vollständig.

3.22 Trias

Leider ist im gesamten Untersuchungsgebiet kein einziges auch nur annähernd vollständiges Detailprofil durch die gotthardmassivische Trias aufgeschlossen. Wir können beobachten, dass es sich bei mächtigen Triaszonen nicht um eine ungestörte normale Abfolge handelt, sondern dass die Trias verschuppt bzw. zusammengeschürft sein muss. Auf Grund dieser Beobachtung und des völligen Fehlens jeglicher Fossilien wegen sind wir auf eine lithologische Einteilung der Triasabfolge angewiesen. Im östlichen Abschnitt der gotthardmassivischen Sedimentbedeckung in Graubünden scheinen die Aufschluss- und Abfolgeverhältnisse wesentlich günstiger zu sein. JUNG (1963) führt eine weitgehende stratigraphisch-lithologische Unterteilung der Trias durch. Unsere lithologische Einteilung in:

sandige (quarzitische) Trias,

karbonatische und sulfatische Trias,

phyllitische Trias

entspricht naturgemäss ungefähr den südhelvetischen "Trias-Gruppen" von BRUNNSCHWEILER (1948). Bei der stratigraphischen Korrelation einzelner Schichtglieder, wie z.B.

der Quarzite und der Quarzitschiefer, müssen wir jedoch sehr vorsichtig sein. Die letzteren Gesteine können sowohl in der obern wie auch in der untern Trias auftreten. In den einzelnen Aufschlüssen ist es oft unmöglich zu entscheiden, welche Quarzite nun vorliegen.

Die quarzitische Trias

Der Kontakt der gotthardmassivischen Sedimenten mit den liegenden Ortho- und Paragneisen ist sehr selten aufgeschlossen. Die wohl ursprünglich vorhandene Diskordanz wurde durch die alpinen Bewegungen und die Metamorphose verwischt. Wir schliessen uns der Ansicht von OBERHOLZER (1956) an, wonach die Trias zwar primär diskordant (Auffassung von EICHENBERGER, 1924) auf dem gotthardmassivischen Altkristallin abgelagert wurde, bei der alpinen Orogenese jedoch an den meisten Orten sicher auch eine Abscherung um erhebliche Beträge erlitten hat (Abscherungsdiskordanz von SCHMIDT und PREISWERK, 1908).

In der Rappentalumbiegung auf Kote 1930 m längs der Bisse kann ein allmählicher Uebergang, ohne augenfällige Diskordanz, von flaserigen Streifengneisen s.l. zu einem grauweissen Serizitquarzit (met. Subarkose) ohne makroskopische Paralleltex- tur beobachtet werden. Auf diesen Serizitquarzit folgt in der Rappentalumbiegung (längs der Bisse) eine wenige cm breite Ruschelzone mit Gesteinsgrus (Abscherungs- fläche ?) und darauf 1,2 m grauer, kalkiger Serizitquarzit vor der anschliessenden karbonatischen Trias. Die Altersfrage dieses Serizitquarziten (met. Subarkose) müssen wir offen lassen. Denkbar wäre sowohl ein permisches, wie auch ein triasi- sches Alter.

Dünnschliffbeschreibung

26.8.61/2. Feldspatführender Serizitquarzit (met. Subarkose)

Mineralbestand: HG: Quarz 60 %, Feldspat 25 %, Muskowit-Serizit 15 %
UG: Epidot-Zoisit, Titanit, Zirkon, Erz

Bis auf den Glimmer dürfte der Mineralbestand detritischer Herkunft sein. Neben einzelnen schönen Muskowiten ist vor allem Serizit vertreten; die Glimmer sind parallel eingeregelt. Der Quarz ist oft zerbrochen und löscht stark undulös aus. Unter den Feldspäten dominieren die Na-K-Feldspäte, z.T. kaolinisiert (braun be- stäubt), z.T. mit deutlicher Mikroklingitterung. Der seltene Plagioklas (Albit- Oligoklas) ist meist erheblich serizitisiert und weist nur sehr selten Zwillinge nach dem Albitgesetz auf. Myrmekitbildung kann vereinzelt beobachtet werden.

Im mittleren Rappental (vergl. Detailprofil S. 18) ist im Liegenden der Rauhwacke eine mächtige, gebankte weisse Arkose aufgeschlossen. Der Kontakt zu den Muskowit- gneisen des Altkristallins ist unter der Vegetationsdecke verborgen. Diese massige met. Arkose könnte sowohl als Relikt der permischen Verwitterungsablagerung aus der Festlandzeit des südlichen Gotthardmassivs, wie auch als Basisarkose der Trias aufgefasst werden.

Dünnschliffbeschreibung

9.8.62/2. (Fig. 4) Weisse met. Arkose

Mineralbestand: HG: Quarz 65-70 %, Feldspat 30-35 %
UG: Serizit, Erz

Als alpinmetamorphe Neubildung ist nur der Serizit anzusprechen. Der Quarz tritt sowohl als kataklastischer Trümmermörtel wie auch in grössern, undulös auslöschenden Körner auf. Trotz der späteren Blastese weisen die Quarzkörner noch Spuren der Kataklastik auf. Der Na-K-Feldspat ist meist porphyroklastisch vertreten. Seine Länge übersteigt jedoch selten 1 mm. Schwache Perthitentmischung, Kaolinisierung (braune

Bestäubung) oder verschieden deutliche Mikroklitterung kennzeichnen die Na-K-Feldspäte. Schwach serizitisierter Plagioklas (Albit-Oligoklas) ist sehr selten. Schwach porphyroklastische Struktur mit massiger Textur.

In den schuppentrennenden Triaszügen treten u.a. auch kalkige, feldspatführende oder glimmerreiche Quarzite und Quarzitschiefer von grauer, weisser und meist bräunlich anwitternder Farbe auf. Sie kommen sowohl im Hangenden wie auch im Liegenden der Rauhwaacke, der dolomitischen Gesteine und der met. Quartenschiefer vor. Zudem ist die Triasabfolge sehr oft nicht normal, sondern zusammengeschürft. Dies alles führt dazu, dass wir diese Quarzite stratigraphisch nicht genau einordnen können. Nachweisbar treten sie u.a. wechsellagernd mit met. Quartenschiefer auf und hätten in diesem Fall obertriasisches Alter. In der autochthonen Trias des Gotthardmassivs wurden solche Quarzite nie beobachtet, was möglicherweise auf die wenigen und unvollständigen Aufschlüsse zurückzuführen ist.

Dünnschliffbeschreibung

Mineralbestand: HG: Quarz 65-90 %

Kalzit UG-30 %, Serizit-Muskowit UG-20 %, Feldspat 0-9 %, brauner Biotit 0-3 %, Pyrit 0-2 %, Epidot und Apatit ausschliesslich UG.

Der Quarz ist gelegentlich leicht kataklastisch mit zerbrochenen Körnern, undulöser Auslöschung und wenig Quarztrümmermörtel ausgebildet, in andern Dünnschliffen ist er schwach gelängt. Die Korngrösse schwankt zwischen 0,15 - 0,4 mm. Der Kalzit ist etwas gelängt und greift in buchtigen Aggregaten zwischen die Quarzkörner hinein, diese oft umschliessend. Wir haben es mit einer vollständigen Sammelkristallisation des in diesem Fall kalzitischen Bindemittels zu tun. Der Glimmer ist immer schwach bis deutlich parallel eingeregelt, oft in durchgehenden Schieferungsflächen. Der seltene Feldspat tritt in gerundeten, wohl detritischen Körnern (bis 0,6 mm) aus serizitisiertem Plagioklas (Albit-Oligoklas) wie auch in offensichtlich jüngern, frischen Albiten mit ca. 5 % An auf. Diese Albite, meist mit Verzwillingung nach dem Albitgesetz, füllen in unregelmässiger Form Zwickel aus (kein Raum für idiomorphes Wachstum) und müssen demnach als alpinmetamorphe Neubildungen angesprochen werden.

Die karbonatische und sulfatische Trias

Auf Grund ihrer Ähnlichkeit mit der südhelvetischen Trias können wir die karbonatische und sulfatische Trias als Mitteltrias bezeichnen. Eine weitere stratigraphische Unterteilung wie sie BRUNNSCHWEILER (1948) im Südhelvetikum vornahm, ist hier mangels klarer normalstratigraphischer Abfolge und auf Grund des leicht unterschiedlichen Gesteinsmaterials äusserst schwierig und fragwürdig. JUNG (1963) unterschied in der autochthonen Mitteltrias am Südostrand des Gotthardmassivs einen untern gelben Dolomit, die Rauhwaacke, einen obern grauen Dolomit, die er weitgehend mit der Südostfazies der Dolomitgruppe von BRUNNSCHWEILER (1948) parallelisieren konnte. Während die Rauhwaacke im E unseres Untersuchungsgebietes als unterster Vertreter der karbonatischen Trias beobachtet wird, ist im W im Liegenden der wesentlich untypischeren und geringmächtigeren Rauhwaacke noch Dolomit aufgeschlossen. Eine stratigraphische Unterscheidung des Dolomits mittels Farbe oder andern lithologischen Kennzeichen ist nicht möglich. Wir bleiben in jedem Fall auf die oft unklare und unvollständig aufgeschlossene Abfolge im Feld angewiesen.

Nach lithologischen bzw. mineralogischen Merkmalen können wir die folgenden Gesteine unterscheiden: Rauhwaacke, Dolomitmarmor, Dolomitschiefer, Dolomitmarmor, zuckerkörniger Dolomit, Dolomit/Kalkmarmor, Kalkmarmor, Baryt, Gips. Anhydrit wur-

Nr.	Handstück	% Dolomit	% Kalzit	Fe-Ausfällung	Herkunft*	Gesteinsbezeichnung
1.	R 18	99,9	0,1	-	GM	weisser Dolomitmarmor
2.	R 19	33,7	30,6	+	GM	gelber, körniger, sandig-kalkiger Dolomit
3.	R 22	0	5,5	-	GM	Barytlage mit wenig Kalzit
4.	R 23	0,6	1,4	+	GM	körniger Baryt mit Quarz und wenig Karbonat
5.	R 24	0	4,8	-	GM	barytführender, kalkiger Quarzit
6.	R 25	0,1	3,7	-	GM	Barytlage mit wenig Karbonat
7.	26.7.62/3	66,1	25,1	+	GM	gelber, körniger Dolomit
8.	26.7.62/5	98,3	0,5	-	GM	weisser Dolomitmarmor
9.	26.7.62/8	22,7	74,3	-	GM	weisser, körniger dolomitischer Kalk
10.	26.7.62/9	1,4	97,9	+	GM	kalkitische Grundmasse einer Rauhwaacke mit eckigen Dolomitkomp.
11.	BL 38	85,1	4,7	+	S	gelber Dolomitmarmor mit Quarzlinen
12.	BL 59	67,1	4,6	+	S	weisser, quarzitischer Dolomitschiefer
13.	BL 107	79,3	15,3	+	S	Dolomitkomponente aus gelber Rauhwaacke
14.	R 41	77,4	10,0	+	S	gelblicher, quarzitischer Dolomitmarmor
15.	R 46	75,5	3,2	+	S	weisser, quarzitischer Dolomitmarmor
16.	R 48	81,3	3,8	-	S	gelblich-weisser Dolomitmarmor
17.	R 49	85,3	2,2	+	S	weisser Dolomitmarmor
18.	R 102	63,3	20,0	+	P	graue Komponente aus Dolomitbrekzie
19.	R 102	52,3	21,0	+	P	weisse Komponente aus Dolomitbrekzie
20.	R 103	60,9	12,0	+	P	graue Dolomitlinse aus Biotit-Muskowit-Quarzitschiefer
21.	26.8.62/1	67,7	6,4	+	P	gelber, quarzitischer Dolomitschiefer
22.	26.9.61/11	92,6	2,2	+	P	gelber, schwach quarzitischer Dolomitmarmor
23.	F 11	42,6	8,3	+	PF	weisse Dolomitlinse aus weissem Biotit-Muskowit-Quarzitschiefer
24.	F 11a	93,3	5,7	+	PF	gelbe Dolomitlinse aus weissem Biotit-Muskowit-Quarzitschiefer
25.	F 11a	61,8	32,8	+	PF	gelbes, dm-mächtiges Dolomitband in F 11
26.	F 18	81,1	5,5	+	PF	graue Dolomitkomponente aus Arkose ("Konglomerat")
27.	12.10.62/11	95,8	0,6	-	PF	gelbe Komponente aus Dolomitkonglomerat
28.	12.10.62/11	96,0	2,0	+	PF	graue Komponente aus Dolomitkonglomerat
29.	17.10.62/1	97,0	2,4	+	PF	graue Dolomitlage aus Dolomitkonglomerat

* Die Abkürzungen bezeichnen die Herkunft der Handstücke: GM = gotthardmassivische Trias, S = gotthardmassivische Schuppentrias, P = penninische Grenztrias zum gotthardmassivischen Lias, PF = penninische Trias aus der Feldebachzone.

Tabelle I. Zusammenstellung der auf Dolomit und Kalzit umgerechneten Analysendaten der Ca-Mg-Bestimmungen mittels komplexometrischer Titration.

Besprechung der Analysendaten

Reine oder nahezu reine Dolomitgesteine wie 1, 8, 27, 28, 29 treten eher selten auf. Ein geringer Kalzitgehalt und etwas Quarz ist fast stets vorhanden.

Grundsätzliche Dolomit/Kalzit-Unterschiede zwischen den Dolomiten des Gotthardmassivs und jenen des Penninikums konnten nicht ermittelt werden.

Die Vermutung, dass die umgelagerten (?) Dolomitlinsen und -komponenten von 20, 23, 24, 26, 27, 28, 29 mehr Kalzit enthalten würden (Entdolomitierung) hat sich nicht bestätigt. Einzig bei den Rauhwacken konnte mit Färbung ein kalzitischer Saum zonar um die Dolomitkomponente nachgewiesen werden.

Zusammen mit Baryt tritt vor allem Quarz und Kalzit und nur selten wenig Dolomit auf.

Bei der Probezubereitung wiesen die grauen Dolomite eine auffällig starke Fe-Ausfällung auf, während gelbe und vor allem weisse Dolomite eine nur geringe oder gar keine Fe-Ausfällung zeigen.

Parallel zu der Probenzubereitung für die Ca-Mg-Bestimmung wurden einige g Gesteinspulver in Wasser gelöst und unter mehrmaligem Umrühren stehengelassen. Der nach einer Stunde durchgeführte Test mit BaCl-Lösung auf Sulfatausfällung verlief stets negativ.

Auf Grund unserer Daten erscheint uns die Analyse unverständlich, die bei OBERHOLZER (1956, S. 368) zitiert wird:

"Ein reiner, quarzfreier Dolomit zeigt nach P. MEIER (1947) folgende Zusammensetzung: 48 % Dolomit, 45 % Calcit und 7 % Serizit."

Zumindest handelt es sich bei diesem Gestein nicht um einen reinen Dolomit.

de im Untersuchungsgebiet nicht nachgewiesen, doch lassen die Gipsvorkommen (Ausserbinn) den Anhydrit in der Tiefe vermuten. Weiter im SW ist beim Bau des Simplon-Tunnels Anhydrit durchfahren worden (SCHMIDT, 1905, S. 495). Die kalzitisch-dolomitischen Gesteine haben wir mit verschiedenen Färbmethoden (vergl. S. 6 und 7) untersucht und an einer Reihe von Gesteinen den Dolomit/Kalzit-Gehalt komplexometrisch bestimmt. Die erhaltenen Resultate sind in der Tabelle I zusammengestellt und die untersuchten Handstücke aufgeführt (vergl. S. 28).

Die gelbbraune oder graue Rauhwacke besteht aus eckigen bis leicht gerundeten Dolomitkomponenten in kalzitischer, kalzitisch-sandiger oder kalzitisch-dolomitischer Grundmasse. Die Grösse der Komponenten variiert zwischen 0,5 - 7 cm. Diese Rauhwacke kann im Sinne BRUNNSCHWEILER (1948) als monomikte Trümmer-Rauhwacke bezeichnet werden. Wie schon BRUNNSCHWEILER konnten auch wir nie Gips in der Grundmasse nachweisen. Andere Rauhwackentypen, z.B. mit Gesteinseinschlüssen, stehen im untersuchten Gebiet nicht an. An einzelnen Handstücken liess sich mittels Färbung ein zonarer Kalzitsaum um die Dolomitkomponenten nachweisen. Das feinkavernöse bis feinklöchrige Aussehen führen wir auf Verwitterungsvorgänge zurück, die offensichtlich bis tief in das Gestein hinein wirksam sein können. Seltsamerweise und im Gegensatz zu den Beobachtungen von BRUNNSCHWEILER (1948) und JUNG (1963) wittert meist die Grundmasse heraus, während die Dolomitkomponenten erhalten bleiben.

Die übrigen Dolomitgesteine, abgesehen von der besprochenen Rauhwacke, werden am besten mit den folgenden Dünnschliffbeschreibungen charakterisiert.

Dünnschliffbeschreibungen

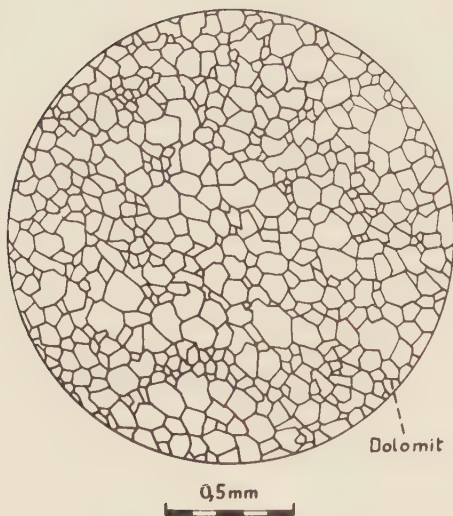


Fig. 5. (R 18) Dolomitmarmor mit Pflasterstruktur.

R 18. (Fig. 5) Weisses Dolomitmarmor

Mineralbestand: Dolomit (vergl. Tabelle I)

Die Dolomitmörner zeigen deutliche Tendenz zu idiomorphen Kristalloblasten, die durch die Nachbarkörner behindert werden. Typische Pflasterstruktur mit vollständig massiger Textur.

R 20. Grauweisses Dolomit-Kalkmarmor in cm-mächtiger Wechsellagerung

Mineralbestand: HG: Dolomit, Kalzit

NG: Quarz, Serizit-Muskowit (Phlogopit)

UG: Erz (Pyrit ?)

Der Kalzit mit einer etwas gelängten Korngrösse von 0,6 - 2 mm ist unter sich unregelmässig buchtig verzahnt und umschliesst teilweise die einzeln auftretenden Quarzkörner, deren Länge 0,06 - 0,15 mm nicht übersteigt. Serizit-Muskowit (Phlogopit) tritt vereinzelt in der Schieferungsebene geregelt auf. Pyrit, ummantelt von einem roten Fe-Hydroxydrand ist nicht selten. Der Dolomit kommt in mm bis cm breiten Lagen und Linsen vor. Seine Körner sind deutlich gelängt, gleichkörnig und erreichen eine Länge von 0,05 - 0,08 mm. Makroskopisch ist der Dolomit schwach gelblich gefärbt, der Kalzit weiss bis grauweiss. Der mengenmässige Anteil der beiden lagig auftretenden Karbonate schwankt. Schätzungsweise überwiegt der Kalzit (im Gesteinsanschliff).

R 55a. Weisses, tektonische Dolomitmörner

Mineralbestand: HG: Dolomit 70 %, Quarz 20-25 %, Serizit-Muskowit (Phlogopit)

UG: Erz

Dolomit und Quarz mit einer Korngrösse von 0,3 - 3 mm greifen buchtig und verzahnt ineinander, wobei kleinere Quarzkörner von Dolomit vollständig umschlossen werden. Sowohl Quarz wie auch Dolomit löschen stark undulös aus. Ein farbloser Glimmer (Phlogopit ?) tritt in unregelmässigen und verfalteten Nestern zusammen mit Erz auf (Deformationsverglimmerung). Die Brekzie ist vollständig rekristallisiert; Spuren von Grundmasse, Trümmermörtel usw. können nicht beobachtet werden.

An sulfatischen Gesteinen haben wir Gips und Baryt (Cölestin ?) angetroffen. Gips ist im Untersuchungsgebiet einzig in der gotthardmassivischen Trias im Riedgraben östlich Ausserbinna aufgeschlossen. Ausser mit einem chemischen Sulfatnachweis wurde der Gips nicht weiter untersucht.

B a r y t

In verschiedenen Dünnschliffen triasischer Gesteine des Stollens Feld wurde ein verhältnismässig hoch brechendes Mineral mit niedriger Doppelbrechung festgestellt, das sowohl tafelig-strahlig wie auch körnig auftritt; vergl. Fig. 6 + 7.

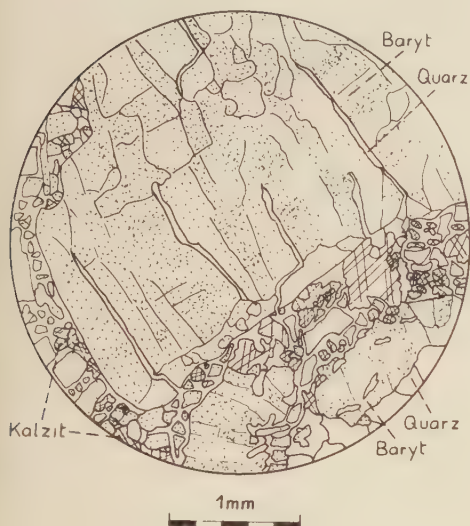


Fig. 6. (R 23) Tafelig ausgebildeter Baryt.

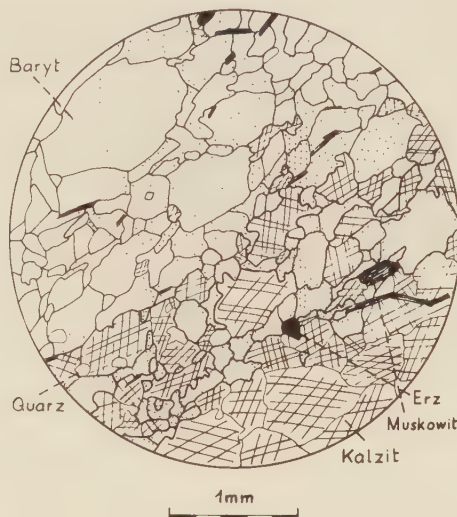


Fig. 7. (R 22) Lage von Barytkörner mit allmählichem Uebergang in Kalkmarmor.

Im Handstück fiel das aussergewöhnlich hohe spez. Gewicht auf. Nach einigen chemischen und schliesslich röntgenographischen Untersuchungsverfahren gelang es, das Mineral als Baryt zu bestimmen. Das Ba wurde zuerst mittels Flammenfärbung am Platindraht nachgewiesen. Der Geruch des anschliessend in HCl 1:10 getauchten Drahtes bestätigte den SO_4 -Gehalt. Mit dem Röntgenfilm liess sich die Struktur des Baryts nachweisen, wobei allerdings das Ba im Röntgengitter durch Sr ersetzt sein kann. Die Anwesenheit des vermuteten Sr (Cölestin) haben wir in einem qualitativen Test mittels der Tüpfelreaktion bestätigen können. Quantitative Untersuchungen wurden nicht durchgeführt.

Das Ausmass des Barytvorkommens lässt sich der unvollständigen Stollenaufschlüsse wegen nicht genau abgrenzen. Auf einer Länge von 11,5 m quer zum Streichen wurde Baryt in reinen cm-mächtigen Lagen oder körnig zusammen mit Quarz und Kalzit angetroffen.

Bisher war Baryt aus der autochthonen Triasbedeckung des Gotthardmassivs im Wallis unbekannt. WINTERHALTER (1930) erwähnt zwei Barytvorkommen in der südlichen gotthardmassivischen Trias des östlichen Gotthardmassivs. Wir zitieren S. 111:

"Westlich des Lage Retico findet man in der Trias Ausblühungen von Kupfererz (Malachit, Azurit) und auf der Ostseite streicht ein Barytgang von ca. 1 m Breite von wenig östlich des Sees zum Punkt 2397. Vereinzelt trifft man Baryt auch im Riale di Prisfa. Baryt ist weiss und grobkörnig."

BURCKHARDT 61942) beschreibt ein Barytvorkommen in der penninischen Trias aus der Teggiolo-Mulde auf S. 129: "Baryt kommt bei Campo im körnigen Marmor und im zuckerkörnigen Dolomit am Kontakt mit dem Gneis vor."

Die phyllitische Trias

Unter der phyllitischen Trias fassen wir alle triasischen Glimmerschiefer und Phyllite zusammen. In der gotthardmassivischen Triaszone kann ihr Auftreten in den oberen Bereichen der karbonatischen Trias, wechsellagernd mit Dolomit und Dolomitschiefer, sowie auf letztere folgend, beobachtet werden. Ob es sich bei der Wechsellagerung mit dem Dolomit um eine normale stratigraphische Abfolge handelt oder ob die verschiedenen Gesteine zusammengeschürft wurden, kann nicht mit Sicherheit entschieden werden. Es liegt nahe, diese Glimmerschiefer und Phyllite als metamorphe Äquivalente der helvetischen Quarten-Serie zu betrachten und sie dementsprechend der oberen Trias zuzuordnen. Im Allgemeinen ist die phyllitische Trias in der autochthonen Triaszone nicht sehr mächtig und kann sogar fehlen. Wesentlich, manchmal ausschliesslich beteiligt ist sie dagegen in den schuppentrennenden Triaszügen, wo die Glimmerschiefer und Phyllite oft von weissen oder grauen Quarzitschiefer begleitet werden (vergl. hierzu den Abschnitt über die quarzitisches Trias auf S. 27).

Die Gesteine der Quarten-Serie sind auf Grund ihres Chemismus für das Auftreten verschiedener metamorpher Neubildungen besonders geeignet. Unter Berücksichtigung dieser metamorpher Neubildungen lässt sich eine grosse Zahl von Gesteinstypen aufstellen; dies umso mehr, als sich das Untersuchungsgebiet in einer Zone gegen SE zunehmender Metamorphose befindet. In den folgenden Dünnschliffbeschreibungen werden die wichtigsten und häufigsten Gesteinstypen, wie sie meist nur unter dem Mikroskop erkannt werden können, beschrieben.

Dünnschliffbeschreibungen

Der globale Mineralbestand kann wie folgt angegeben werden: Quarz 0-50 %, Serizit-Muskowit (Chlorit) 20-99 %, grüner oder brauner Biotit 0-50 %, Kalzit 0-35 %, Plagioklas 0-30 %, Chloritoid 0-15 %, Epidot 0-10 %, Granat 0-5 %, als gelegentliche UG noch Turmalin, Apatit, Erz (Ilmenit, Pyrit usw.). Die mineralogisch sehr unterschiedlich zusammengesetzten met. Quartenschiefer haben als hauptsächliche Eigenschaften die schiefrige Textur und den unterschiedlichen Glimmerreichtum gemeinsam. Der globale Mineralbestand allein deutet die Vielfalt an Gesteinstypen höchstens an. Sie können mikroskopisch am besten mit den nachfolgenden, durch Figuren belegten Beispiele charakterisiert werden.

BL 20a. (Fig. 8) Sandiger Biotit-Serizitschiefer

Mineralbestand: HG: Quarz 45-50 %, Serizit-Muskowit 40-45 %

NG: Kalzit 4-5 %, Biotit 3-4 %

UG: Epidot, Erz (Pyrit)

Die teils gut gerundeten Quarzkörner sind lagig in der Serizit-Muskowit-Grundmasse angereichert. Die olivgrünen Biotite treten als Porphyroblasten oft schräg zur Schieferungsebene auf. Die vereinzelt, grossen Kalzitkörner mit einer Korngrösse bis 1 mm sind randlich und längs der Spaltbarkeit im Korn mit einem roten Saum (Fe-Hydroxyd ?) umgeben. Das schon makroskopisch aufgefallene und als Pyritwürfelchen bestimmte Erz ist auch im Schliff als kubische vorhanden.

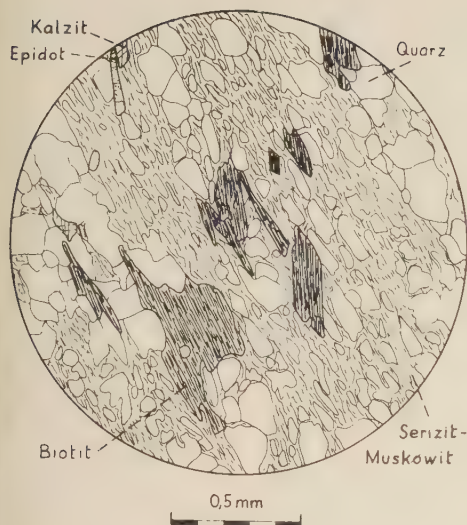


Fig. 8. BL 20a) Sandiger Typ der met. Quartenschiefer: sandiger Biotit-Serizitschiefer mit olivgrünen Biotitporphyroblasten.

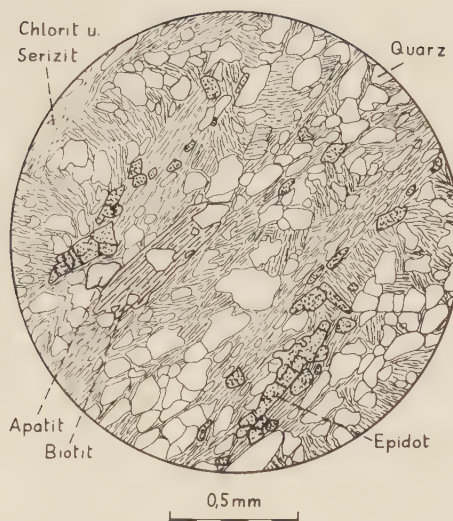


Fig. 9 (R 71) Sandiger, chloritreicher Typ der met. Quartenschiefer: sandiger Biotit-Epidot-Chloritschiefer mit grünen Biotitporphyroblasten.

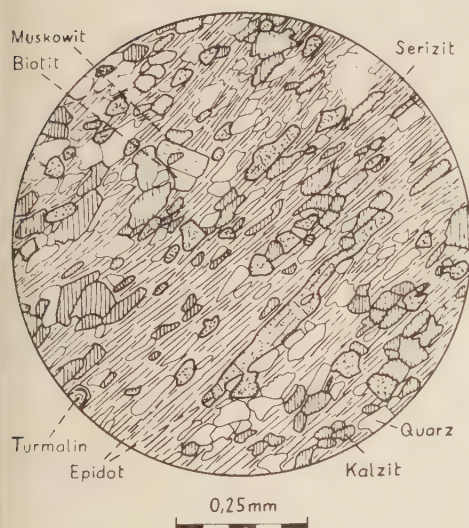


Fig. 10. (R 42) Kalkiger Typ der met. Quartenschiefer: sandig-kalkiger Epidot-Serizitschiefer.

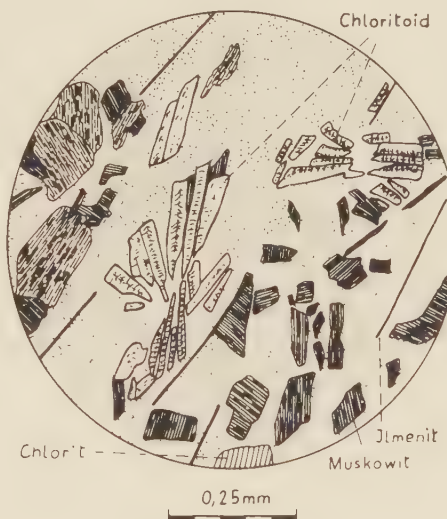


Fig. 11. (R 57) Toniger, chloritoidreicher Typ der met. Quartenschiefer: Chloritoid-Muskowit-Serizitphyllit. In einem dichten Serizitfilz liegen rosettenförmig angeordnet Chloritoidporphyroblasten und Muskowitschüppchen.

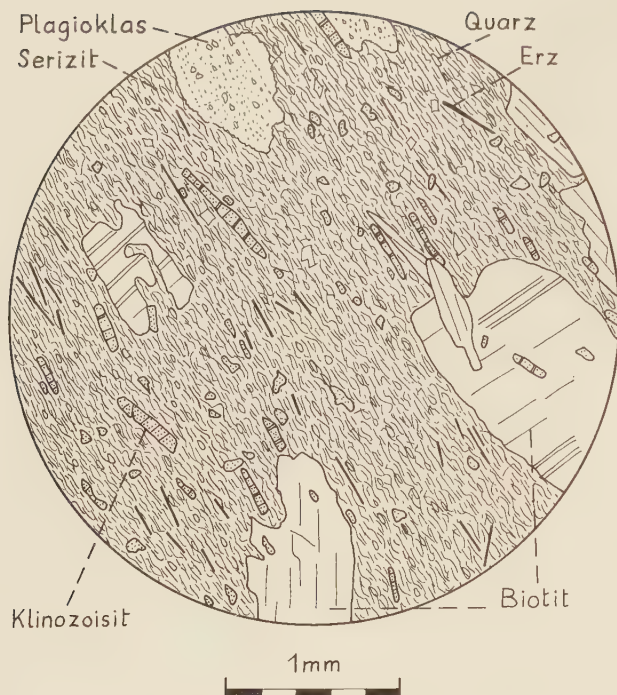


Fig. 12. (BL 15) Toniger Typ der met. Quartenschiefer: Epidot-Serizit-Biotitphyllit mit rotbraunen, "gestreiften" Biotitporphyroblasten.

R 71. (Fig. 9) Sandiger Biotit-Epidot-Chloritschiefer

Mineralbestand: HG: Quarz 45 %, Chlorit (Serizit) 45 %, Epidot 8 %

NG: Biotit

UG: Apatit, grüner Turmalin

Die teils gerundeten Quarzkörner liegen in einer aus Chlorit und etwas Serizit bestehenden, laminar gefalteten Grundmasse, wobei der Quarz in den entsprechenden Lagen mitgedreht wurde. Der Epidot ist durch farblose Körner mit normalen Interferenzfarben und Stengel mit teils blauer, anormaler Interferenzfarbe vertreten. Die vereinzelt, grünen Biotitporphyroblasten erreichen eine Grösse von 1,8 x 0,5 mm.

R 42. (Fig. 10) Sandig-kalkiger Epidot-Serizitschiefer

Mineralbestand: HG: Kalzit 40 %, Serizit 35 %, Quarz 15 %, Epidot 10 %

UG: Biotit, Muskowit, Turmalin, Erz

Die ziemlich gleichkörnigen und gelängten Quarz- und Kalzitkörner liegen eingeregelt in der serizitischen Grundmasse. Der Epidot ist farblos mit normalen Interferenzfarben, sowohl körnig wie auch stengelig ausgebildet. Muskowit und brauner Biotit haben meist Einschlüsse und liegen quer zur Schieferungsebene.

R 57. (Fig. 11) Chloritoid-Muskowit-Serizitphyllit

Mineralbestand: HG: filziger Serizit, Serizit-Muskowit, Chloritoid

NG: Chlorit, Ilmenit

In einem dichten Serizitfilz treten farblose bis leicht bläuliche Chloritoidporphyroblasten auf, die öfters rosettenförmig angeordnet sind. Gleichfalls porphyroblastisch und bezüglich der Schieferung unregelmäßig können Serizit-Muskowit- und Chloritschuppen beobachtet werden. Der Chloritoid ist oft polysynthetisch verzwilligt. Der bräunlich-schwarze Ilmenit ist mit geringer Abweichung in der Schieferungsebene eingeregelt.

BL 15. (Fig. 12) Epidot-Serizit-Biotitphyllit

Mineralbestand: HG: Biotit 45-50 %, Serizit 35 %, Epidot 5-7 %

NG: Feldspat 4-5 %, Quarz 2-3 %

UG: Kalzit, Turmalin, Ilmenit

In der Grundmasse aus filzigem Serizit und wenig Quarz treten quer zur Schieferung bis über 2 mm grosse, rötlich-braune Biotite ohne scharfe Formbegrenzung auf. Einzelne Feldspatporphyroblasten von länglicher, ovaler Form sind parallel der Schieferungsebene eingeregelt. Der stengelige Epidot mit anomal blauer Interferenzfarbe und stengelige Ilmenitquerschnitte sind über den ganzen Schliff in der Grundmasse und auch als Einschlüsse im Biotit und Feldspat verteilt.

3.23 L i a s

Anstelle der von OBERHOLZER (1956) festgehaltenen Unterteilung des Lias in 3 sog. "Stufen", deren Alter, wenn auch hypothetisch, festgelegt ist, scheint es uns sinnvoller, für das vorliegende Gebiet reine Kartiereinheiten nach lithologischen Kriterien als Serien auszuscheiden. Die stratigraphische Zuordnung der Serien bietet infolge des Mangels an Leitfossilien Schwierigkeiten, wenn man sie bis zur Feinheit einer stratigraphischen Stufe vorantreiben will. Es besteht kein Zweifel, dass zwischen lithologisch verschieden ausgebildeten Gesteinskomplexen Uebergänge bestehen und dass offensichtlich gleichaltrige Gesteine verschieden ausgebildet und verschiedenaltige Gesteine gleich ausgebildet sein können. Deshalb drängt sich eine Unterteilung (und Kartierung) der Gesteine nach neutralen lithologischen Merkmalen auf.

Der östliche Bereich der gotthardmassivischen Sedimentbedeckung im Oberwallis wird von uns, gemeinsam mit dem Terrain-Nachbar M. LISZKAY, als Nufenen-Zone bezeichnet. Darin unterscheiden wir:

Serie der Nufenen-Knotenschiefer

Serie der Nufenen-Quarzite

Serie der Nufenen-Granattonschiefer

An die Nufenen-Zone schliesst im SW die Zone von Termen mit folgenden Serien an:

Serie der Termen-Tonschiefer

Serie der Termen-Kalkschiefer

Die Anwendung des Begriffs "Serie", der sich bisher in der alpingeologischen Literatur gut bewährt hat, führt zur Frage, weshalb wir ihn nicht durch den Begriff "Formation" ersetzt haben, der sich nach der heute gültigen, international aufgestellten Nomenklaturordnung aufzudrängen scheint. Indessen besteht kein Zweifel, dass die Amerikaner, von denen die neue Deutung des Begriffs "Formation" her stammt, damit Abfolgen bezeichnen, die wesentlich umfangreicher und mächtiger sind als unsere "Serien"....

Im Folgenden soll der Gesteinsinhalt der verschiedenen Serien ausführlich beschrieben und anschliessend in einem besondern Abschnitt die sicheren und wahrscheinlichen Alterszuordnungen diskutiert werden.

3.231 Nufenen-Zone

3.2311 Serie der Nufenen-Granattonschiefer

Die Gesteine dieser Serie fehlen im Untersuchungsgebiet; sie keilen bereits weiter östlich aus. Bezüglich Gesteinsinhalt und stratigraphischer Korrelation verweisen

wir auf die Dissertation von LISZKAY. Die letzten Vertreter der Nufenen-Granatton-schiefer stehen in der östlichen Blinnentalregion bei Pt. 2768 m, SE dem Sedelhorn an.

3.2312 Serie der Nufenen-Quarzite

Die Serie der Nufenen-Quarzite wurde von EICHENBERGER (1924) als "mittlere Stufe" des Lias beschrieben und dem Lotharingien-Domerien zugewiesen. Im Nufenengebiet besteht diese "Stufe" aus hellgelben oder grauweißen Quarziten:

"Es sind im allgemeinen zwei Bänke, eine wenig mächtige untere und eine bis 40 m mächtige obere Bank. Beide werden voneinander getrennt durch schwarze, oft stark pyrrhaltige, sandige Schiefer oder Hornfelse" (EICHENBERGER, 1924, S. 462).

Die Quarzite bilden für EICHENBERGER den Ausgangspunkt für den Vergleich und die stratigraphische Korrelation des Nufenenlias mit dem Torrenthornlias.

Vorkommen und Ausbildung

Im hintern westlichen Blinnental sind noch stark reduzierte Ausläufer der Nufenen-Quarzite vorhanden. Zur Hauptsache bestehen sie nur noch aus zwei, 4 m und 2,5 m mächtigen weissen Quarzitziügen. Getrennt werden sie durch 16 m mächtige, teils knotige Kalksandschiefer. Der südlichere Quarzitzug geht gegen S mit abnehmendem Quarzgehalt über in met. Kalksandstein mit kalkig-sandigen Zwischenlagen und wird durch ein 5 cm mächtiges Band von grauem, spätigem Kalk (voller Fossiltrümmer) von den nachfolgenden Knotenkalkschiefer und knotigen Serizit-Kalkschiefer getrennt.

Im N ist der erste Quarzitzug durch eine 70 cm mächtige, grauschwarze "Fossilbank" aus Sandkalk mit zahlreichen Echinodermentrümmer und Schalenresten begrenzt (vergl. Fig. 16); weiter gegen N schliessen wie im S Knotenkalkschiefer an.

Gegen W verschwindet die Serie der Nufenen-Quarzite nach ca. 150 m unter der Vegetationsdecke und wird weiter westlich nie mehr beobachtet.

Dünnschliffbeschreibung

Der globale Mineralbestand wird charakterisiert durch: Quarz 35-97 %, Kalzit 2-60 %, gelegentlich Chlorit 2-3 %, Serizit 1-2 %, Epidot 1-2 % und stets geringe Mengen von Erz. Der wichtigste Gemengteil Quarz tritt eckig und verzahnt auf und weist schwache Kataklassespuren (undulöse Auslöschung, selten zerbrochene Körner) auf. Die Korngrösse kann zwischen 0,05 - 1,5 mm variieren. Der Kalzit ist bei geringem Anteil am Gestein in unregelmässigen, fetzen- und zwickelartigen Individuen ausgebildet. Bei zunehmendem Kalzitgehalt, wie er auf Fig. 13, 14, 15 dargestellt ist, erscheint der Kalzit z.T. in eigentlichen Körnern neben den fetzenartigen Individuen, wobei an den Körnern eine schwache Längung bemerkt werden kann. Der Chlorit ist in feinen, bald farblosen, bald grünen Schüppchen gelegentlich an Stelle von Serizit anwesend. Farblose Epidotkörner treten nur in den kalzitreichen Typen auf. Die Struktur ist granoblastisch bis blastopsammitisch, die Textur meist massig.

Fossilinhalt

Die eigentlichen Quarzite und kalkigen Quarzite sind völlig fossilileer. Die 0,7 m mächtige Sandkalkbank ("Fossilbank") an der Basis im N des nördlichen Quarzitziuges entspricht möglicherweise den grauen, quarzitischen Kalkbänken mit Gryphäenquerschnitten an der Basis der Quarzite von EICHENBERGER (1924). Unsere Schalenquerschnitte müssen allerdings eher als Muschelschalen und nicht als Gryphäenschalen gedeutet werden. Im Dünnschliff, wie auch bereits im Handstück erkennbar, können zahlreiche Fossiltrümmer beobachtet werden. Die teilweise durch opakes Material erhaltene Struktur der Fossiltrümmer wurde von Dr. F. ALLEMANN als Gitterstruktur von Echinodermen - (Crinoiden-)fragmenten gedeutet. Auf Fig. 16 sind ein Querschnitt durch einen Crinoidenstielgliedresten und unbestimmbare Fossilfragmente gezeichnet.

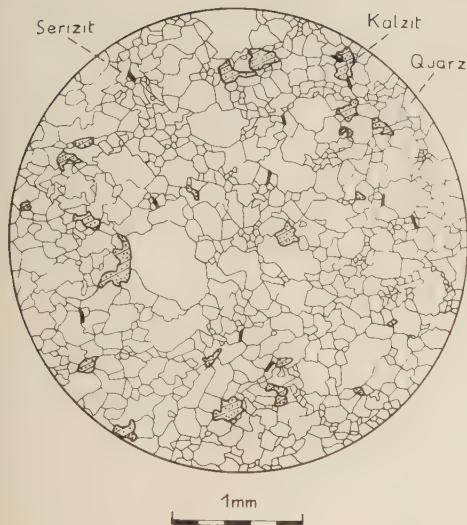


Fig. 13. (BL 95) Serie der Nufenen-Quarzite: fast reiner Quarzit mit wenig Kalzit und einzelnen Serizit-schüppchen.

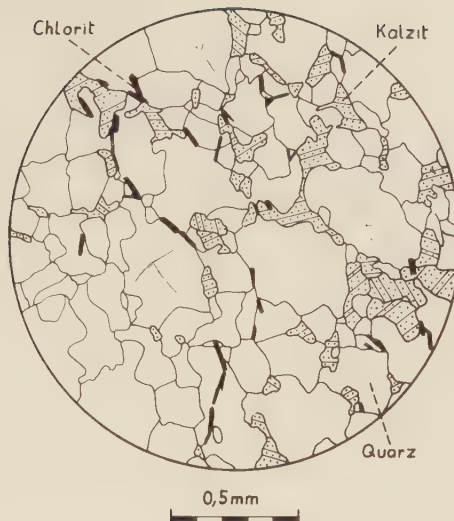


Fig. 14. (BL 91) Serie der Nufenen-Quarzite: Quarzit mit 10-15 % Kalzit.

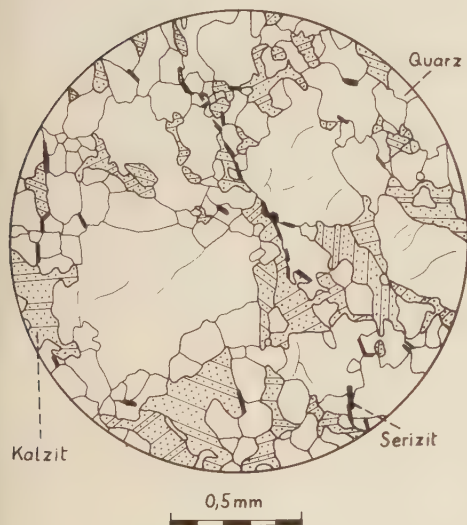


Fig. 15. (BL 89) Serie der Nufenen-Quarzite: kalkiger Quarzit. Uebergang zu met. Kalksandstein und Sandkalk.



Fig. 16. (BL 99) Serie der Nufenen-Quarzite: Echinodermentrümmer mit Bruchstück eines Crinoidenstielgliedes aus der Fossilbank im N. Die Fossiltrümmer und die Grundmasse bestehen aus Kalzit, begleitet von viel schwarzem Pigment.

Dünnschliffe aus den Kalksandlagen zwischen dem kalkigen Quarzit (südl. Uebergangszone) zeigen wenige Fossiltrümmer mit erhaltener Gitterstruktur.

A. H. HIGGINS (1964, S. 153) gibt auf seiner Fig. 2 eine Photographie eines Echinodermenrestes aus penninischen Bündnerschiefer wieder. Unsere Fossiltrümmer zeigen z.T. gute Uebereinstimmung mit diesem photographierten Echinodermenrest. Vergleiche Fig. 16 und 20.

3.2313 Serie der Nufenen-Knotenschiefer

Die Serie der Nufenen-Knotenschiefer entspricht im Nufenengebiet der "obern Stufe" von EICHENBERGER (1924), die er altersmässig ins Toarcien stellt. Sie besteht aus den sehr mächtigen, Belemniten führenden Knotenschiefer und geringmächtigen Marmorlagen. Bei Vergleichsbegehungen im Nufenengebiet konnten wir die von EICHENBERGER beschriebene "Wechselagerung von 10-50 cm mächtigen Knotenschieferlagen mit meist über 50 cm mächtigen knotenarmen Kalklagen" selbst anschlagen.

Vorkommen und Ausbildung

Im engern Untersuchungsgebiet ist diese Wechselagerung noch im Blinnental in der nördlichsten Schuppe zu beobachten, wobei die Knotenschiefer gegenüber dem Nufenengebiet wesentlich kalkiger sind und als Knotenkalkschiefer bezeichnet werden müssen. Weiter gegen W und in den südlicheren Schuppen im Blinnental tritt die Wechselagerung bis zum völligen Fehlen zurück, die Knotenkalkschiefer sind homogener ausgebildet.

Im südlichen Blinnental quer zum Streichen und im hintern Rappental im Streichen kann der fortschreitende lithologische Wechsel der Serie der Nufenen-Knotenschiefer beobachtet werden. Letztere Serie geht über in die Serie der Termen-Kalkschiefer. Die sich ändernde lithologische Ausbildung der Gesteine ist sowohl als fazieller Wechsel - mit Zunahme des Quarzgehaltes und schwächerer Pigmentierung - wie auch als Ergebnis der schwächer werdenden Metamorphose aufzufassen. Zoisit und brauner Biotit sind noch vorhanden. Weiter im W, in der Rappentalumbiegung und in der Region Ausserbinn, verschwinden diese beiden Minerale unter gleichzeitiger Zunahme des Serizitgehaltes. Die letzten eindeutigen Knotenkalkschiefer konnten noch im Schlettergraben in der Region Ausserbinn angeschlagen werden. Ein Dünnschliff des betreffenden Handstücks (10.10.62/13) wird nachfolgend beschrieben. Der allmähliche Uebergang der Serie der Nufenen-Knotenschiefer in die Gesteine der Serie der Termen-Kalkschiefer und die Möglichkeit, die Uebergangstypen in vereinzeltten Lagen bis in die Region Ausserbinn verfolgen zu können, sollen mit einigen Dünnschliffbeschreibungen belegt werden.

Dünnschliffbeschreibungen

BL 104. (Fig. 17) Blauschwarzer Knotenkalkschiefer aus der nördlichsten Liasschuppe des Blinnentals.

Mineralbestand: HG: Kalzit 50 %, Feldspat (Oligoklas-Andesin) 40 %

NG: Serizit, Biotit, Zoisit

UG: Quarz, Erz

Reichlich schwarzes Pigment, wenig Fossiltrümmer

Dieser Mineralbestand entspricht nur dem vorliegenden Dünnschliff und ist für das ganze Gestein nicht in jeder Beziehung repräsentativ. Beispielsweise kann je nach Schliffelage der Feldspat- und vor allem der Zoisitgehalt wesentlich variieren. Die feinkörnige Grundmasse wird gebildet aus Kalzit, reichlich schwarzem Pigment und wenig Quarz und Serizit. Die Kalzitkörner sind stets gelängt. Als kleine Porphyroblasten tritt brauner Biotit quer zur Schieferung auf. Die siebartigen Feldspäte bilden grosse, 0,5 - 3 mm lange, ovale Porphyroblasten voller Einschlüsse (Kalzit,

selten Quarz und Serizit) und sind leicht gedreht. Polysynthetische Zwillingslamellen sind sehr selten. Das schwarze Pigment, über den ganzen Schliff verteilt, ist in den Schieferungsebenen angereichert bis zur Bildung von eigentlichen Pigmentschnürchen. Die im Handstück parallel der schicht- bzw. Schieferungsflächen angeordneten Stengel wurden im Schliff als eckige Querschnitte von 0,5 - 0,8 mm angetroffen. Manchmal ist eine Spaltbarkeit angedeutet. Die Bestimmung dieser Individuen mit dem Mikroskop im Dünnschliff ist der starken Pigmentierung und der Siebstruktur wegen unmöglich. SCHMIDT (1891, S. 44 + 45) hat diese langen, kantigen Stengel als Zoisit bestimmt und beschrieben. STUDER (1851, Bd. I, S. 375) deutete die gleichen Stengel als Staurolith. Die als linsig beschriebenen, herausgewitterten Knoten hat SCHMIDT auch als Zoisit bestimmt. Seit EICHENBERGER (1924) und bestätigt durch OBERHOLZER (1956) wissen wir, dass es sich dabei jedoch um Plagioklasporphyroblasten handelt.

Unter den Fossiltrümmern wurden zwei pyritifizierte (?) Lagenidendurchschnitte (Lenticulina ?) beobachtet. Ein solcher Durchschnitt ist auf Fig. 17 mit F bezeichnet.

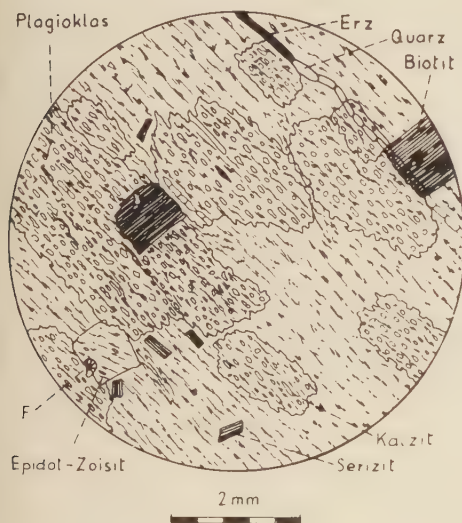


Fig. 17 (BL 104) Serie der Nufenen-Knotenschiefer: Typischer Knotenkalkschiefer. In der fast ausschliesslich kalzitischen Grundmasse liegen teils schwach gedrehte, siebartige Feldspatporphyroblasten, einzelne Zoisit- und Biotitporphyroblasten. Der Anteil an schwarzem Pigment ist gegenüber Fig. 18 wesentlich höher, der Kalzit noch feinkörniger. Die Grundmasse wurde deshalb nur durch das schwarze Pigment charakterisiert und der Kalzit weggelassen, dessen Korngestalt in dieser Vergrösserung ohnehin kaum mehr zu erkennen wäre. Mit F ist ein im Text erwähnter Lagenidendurchschnitt bezeichnet.

BL 71. (Fig. 18) Grauer, knotiger Kalkschiefer bis Knotenkalkschiefer aus einer südlicheren Schuppe des Blinnentals.

Mineralbestand: HG: Kalzit 50 %, Feldspat (Oligoklas-Andesin) 40 %, Quarz 5-6 %
NG: Serizit, Ilmenit
UG: brauner Biotit, Turmalin, Erz
Wenig schwarzes Pigment, wenig Fossiltrümmer

Der Kalzit ist schwach gelängt, feinkörnig und bildet zusammen mit etwas Quarz und Serizit die Grundmasse. In Linsen und feinen Schnüren treten grössere Kalzit- und Quarzkörner auf. Die teils leicht gedrehten, siebartigen Feldspatporphyroblasten enthalten weniger Kalziteinschlüsse als jene in BL 104. Der braune Biotit ist sehr selten und nur in kleinen Schüppchen vorhanden. Ilmenit ist sowohl in der Grundmasse wie auch im Feldspat als Einschlüsse zu beobachten. Der schwarze Pigmentanteil ist gegenüber BL 104 deutlich zurückgetreten. Durchschnitte von Zoisitstengel wurden nicht beobachtet und fehlen auch im Handstück.

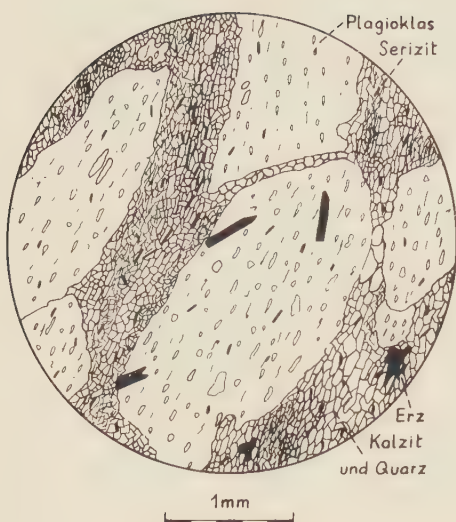


Fig. 18 (BL 71) Serie der Nufenen-Knotenschiefer: knotiger, schwach sandiger Kalkschiefer. In der feinkörnigen, vorwiegend kalzitischen Grundmasse liegen bis 40 % teils schwach gedrehte Feldspatporphyroblasten mit Einschlüssen von Kalzit, Serizit und Ilmenit. Beim Zeichnen der körnigen Grundmasse wurde das schwarze Pigment weggelassen und nur im Feldspat mit feinen Punkten und Strichen angedeutet (vergl. S. 39).

16.10.63/1. Grauschwarzer, knotiger, sandiger Serizit-Kalkschiefer aus dem mittleren Rappental, Kote 1890 m am Mühlebach.

Mineralbestand: HG: Feldspat (Oligoklas) 25 %, Serizit 25 %, Kalzit 20 %, Quarz 20 %
 NG: brauner Biotit, Epidot, Ilmenit
 UG: Chlorit, grüner Turmalin, Erz
 Wenig schwarzes Pigment, sehr wenig Fossiltrümmer

Die Grundmasse wird aus feinkörnigem, gelängtem Kalzit und Quarz, feinschuppigem Serizit und etwas Epidot gebildet. Die siebartigen Feldspatporphyroblasten erreichen eine Grösse von 0,5 - 1,2 mm. Als Einschlüsse führen sie Kalzit und Quarz, selten Serizit und fast immer Epidotkörner mit anomal blauer Interferenzfarbe. Die seltenen, farblosen Chloritschüppchen zeigen meist polysynthetische Verzwilligung und stehen schief zur Schieferungsebene. Der schwarze Pigmentanteil ist gegenüber BL 104 deutlich zurückgetreten.

10.10.62/13. Grauschwarzer, stark knotiger, sandiger Serizit-Kalkschiefer aus dem Schlettergraben in der Region Ausserbinn.

Mineralbestand: HG: Kalzit 65 %, Quarz 10-12 %, Serizit 10-12 %, Feldspat 10 %
 UG: Erz (Pyrit mit Fe-Hydroxydsaum)
 Wenig schwarzes Pigment, sehr wenig Fossiltrümmer

Die Grundmasse wird aus gelängtem Kalzit und Quarz mit einer Korngrösse von 0,05 - 0,15 mm und aus Serizitschüppchen gebildet. Ovale Nester aus grobkörnigem Quarz, Kalzit und etwas Erz sind nicht selten. Die siebartigen Feldspatporphyroblasten sind stets gedreht und weisen zahlreiche Einschlüsse von Kalzit und Quarz auf. Seriziteinschlüsse im Feldspat bilden in diesem und in den frühern Schlifften seltene Ausnahmen. Der braune Biotit ist vollständig verschwunden. Die schwarze Farbe des Gesteins wird durch eine erstaunlich schwache schwarze Pigmentierung hervorgerufen.

Fossilinhalt

"Fossilbänke" aus Kalk bis sandigem Kalk werden in der Region Kummhorn und im hintersten Rappental verschiedentlich beobachtet. Längs dem Mühlebach von 2090 - 2040 m kann eine rötlich-braun anwitternde Kalkbank voller Fossiltrümmer (Echinodermenbruchstücke, Schalenreste) verfolgt werden. Im nördlichen Liegenden dieser

Bank stehen hakengeworfene, knotige Kalkschiefer bis Knotenkalkschiefer an. Im südlichen Hangenden folgen auf Bachniveau wenige dm knotige Kalkschiefer und anschliessend rillig verwitternde, sandige Serizit-Kalkschiefer (vergl. Fig. 2). Die Schalendurchschnitte können am ehesten als Flachwassermuscheln gedeutet werden.

Im Blinnental, in der Kummhornregion und im hintern Rappental sind die Belemniten in den Knotenkalkschiefer und knotigen Kalkschiefer sehr häufig. Sie bestehen aus einem weissen, kalzitischen Rostrum und sind meist etwas gestreckt, selten sigmoidal deformiert. Eine bestimmte Einregelung innerhalb der Schicht- bzw. Schieferungsfläche ist nicht vorhanden !! Die Belemniten sind nicht weiter bestimmbar. Aus ihrer Länge von 4 - 6 cm geschlossen, handelt es sich um kleine Typen, wie sie im untern Jura (mittleren und untern Lias) verbreitet sind.

In jedem Dünnschliff sind, wenn auch selten, Fossiltrümmer anzutreffen. Mit einer einzigen Ausnahme handelt es sich dabei um Echinodermen- (Crinoiden-) Bruchstücke, wie wir sie in der Serie der Nufenen-Quarzite ausführlich beschrieben haben. In BL 104 (Fig. 17) konnten einige pyritifizierte (?) Durchschnitte von Lageniden (*Lenticulina* ?) mit einem Durchmesser von 0,15 - 0,2 mm beobachtet werden. Die Bestimmung hat freundlicherweise Dr. F. ALLEMANN durchgeführt. Ob es sich beim opaken Material, mit dem die Fossilstruktur erhalten blieb, wirklich um Pyrit handelt, können wir nicht nachweisen. A. K. HIGGINS (1964, S. 154) hat diese opake Substanz bei gleichen und ähnlichen Fossiltrümmer in den penninischen Bündnerschiefer untersucht:

"Under high magnification (X 2000) with an oil immersion lens, the opaque material was resolved into myriads of minute pyrite spheres of diameter less than 1μ arranged in clusters and scattered particles. Associated with the pyrite was a second mineral of poor reflectivity which could not be positively identified. It is neither graphite nor an ore mineral and may be organic."

3.232 Zone von Termen

3.2321 Serie der Termen-Kalkschiefer

In der Gegend von Brig umfasst die Serie der Termen-Kalkschiefer sämtliche Gesteine zwischen der Trias und den schwarzen met. Tonschiefer aus der Serie der Termen-Tonschiefer. Eintönig grau, wechselnd kalkig-sandig, mit tonigen Zwischenlagen und weissen Schnüren und Linsen aus Quarz und Kalzit erscheint diese Serie im Ueberblick. Im Kleinen lassen sich eine grosse Anzahl Gesteine nach dem mikroskopischen Mineralbestand ausscheiden, ohne dass diese Gesteinstypen alle makroskopisch erkennbar oder gar im Streichen verfolgbar wären. Eine weitere lithologische Gliederung der Abfolge, wie sie P. MEIER & W. K. NABHOLZ (1949) im Schlettergraben in der Region Ausserbinn versucht haben, erwies sich als völlig undurchführbar ! Einzelnen makroskopisch auffallende Typen verlieren sich im Streichen; eine rhythmische oder gesetzmässige Abfolge wurde nirgends beobachtet.

Vorkommen und Ausbildung

Im Blinnental werden die südlicheren Schuppen zur Hauptsache aus der Serie der Termen-Kalkschiefer aufgebaut. In geringem Mass beteiligt sind im S dieser Schuppen die schwarzen met. Tonschiefer der Serie der Termen-Tonschiefer. Vom Blinnental übers Rappental in die Region Ausserbinn und dann weiter gegen W zieht diese Serie, stets an Mächtigkeit zunehmend und begleitet von den sich allmählich verändernden knotigen Kalkschiefer und Knotenkalkschiefer der Serie der Nufenen-

Knotenschiefer. An Mächtigkeit übertrifft die Serie der Termen-Kalkschiefer jene der Termen-Tonschiefer, obschon letztere vom Blinnental her gegen W ständig anschwillt. Bei einem Vergleich der Serie der Termen-Kalkschiefer im E des Untersuchungsgebietes (Blinntal) mit jener im W (Rappentalumbiegung und Region Ausserbinn) fallen uns folgende Unterschiede auf: Gesteine mit sehr hohem Quarzgehalt werden nur im E angetroffen. Die Gesteinsabfolge erscheint im W noch eintöniger und die mineralogische Zusammensetzung gleichmässiger.

Mit einer völlig unübersichtlichen globalen Aufstellung des Mineralbestandes dieser Gesteinsserie könnten wir dem Typenreichtum an Gesteinen nicht gerecht werden. Die Gefahr des langweilig werdens nicht scheuend, seien nach den makroskopischen Merkmalen und vor allem auf Grund des mikroskopischen Befundes die typischsten Gesteine aufgeführt. Der mengenmässige Anteil der aufgezählten Gesteinstypen ist sehr schwierig abzuschätzen. Generell können wir beobachten, dass Gesteine wie Quarzite, Granatphyllite, met. Kalktonschiefer am seltensten sind. Kalkschiefer, sandige Kalkschiefer, Sandkalke mit mehr oder weniger Glimmer und Feldspat repräsentieren den Hauptanteil innerhalb der Serie, die auch nach diesen Gesteinen benannt wurde.

Dünnschliffbeschreibungen

R 61. Blauschwarzer, schwach sandiger Kalkschiefer

Mineralbestand: HG: Kalzit 97 %

NG: Quarz

UG: Serizit, Feldspat (Plagioklas), Turmalin, Erz

Sehr wenig schwarzes Pigment, wenig Fossiltrümmer

Die Struktur ist granoblastisch, die Textur lagig und schwach schiefrig. Der Kalzit tritt mit gelängten, kleinen Körner um 0,2 mm und grössern Körner bis 0,8 mm in feiner Wechsellagerung mit Quarz auf. Der Quarz mit einer Korngrösse um 0,2 - 0,3 mm findet sich vor allem in den gröbern Lagen ein, oft nesterartig angereichert. Die vereinzelt auftretenden Quarzkörner sind meist halb oder ganz von einem Kalzitindividuum umschlossen. Der feinschuppige Serizit tritt praktisch nur auf wenigen Schieferungsebenen auf, oft begleitet von einzelnen kleinen Feldspatfetzen.

10.8.61/3. (Fig. 19) Grauer, schwach sandiger Kalkschiefer mit weissen Linsen aus Kalzit und Quarz

Mineralbestand: HG: Kalzit 95 %, Quarz 4-5 %

UG: Serizit, Chlorit, Epidot, Titanit, Feldspat, Erz

Sehr wenig schwarzes Pigment

Die weisse Linse ist aus grobkristallisierten Kalzitkörner und wenig Quarz zusammengesetzt. Die Linse wird durch eine tonige Ummantelung vom Kalkschiefer abgesondert. In dieser sehr schmalen, tonigen Zone können die metamorphen Neubildungen beobachtet werden. In diesem Fall handelt es sich dabei um Serizit, Chlorit, begleitet von Titanit, Epidot, Feldspat, ev. Quarz und Erz; letzteres mit einem roten Fe-Hydroxydsaum. Im Handstück wurde das Erz als Pyrit bestimmt. Der eigentliche Kalkschiefer besteht ausschliesslich aus gelängten Körner von Kalzit und wenig Quarz.

BL 18. (Fig. 41) Rötlich-braun verwitterter, sandiger Kalkschiefer

Mineralbestand: HG: Kalzit 80 %, Quarz 15-20 %

NG: Chloritoid 3-4 %

In der Grundmasse aus deutlich gelängtem Kalzit und Quarz treten einzelne Chloritoidporphyroblasten auf. Der leicht pleochroitische Chloritoid ist länglich, tafelig aus-

gebildet, öfters polysynthetisch verzwilligt und erreicht eine Länge von 2,2 mm. Zur Streckungsrichtung des Kalzits bildet er einen Winkel bis zu 15° . Die Chloritoidtäfelchen weisen stets Einschlüsse und buchtig in sie hineingreifende Körner von Quarz und Kalzit auf.

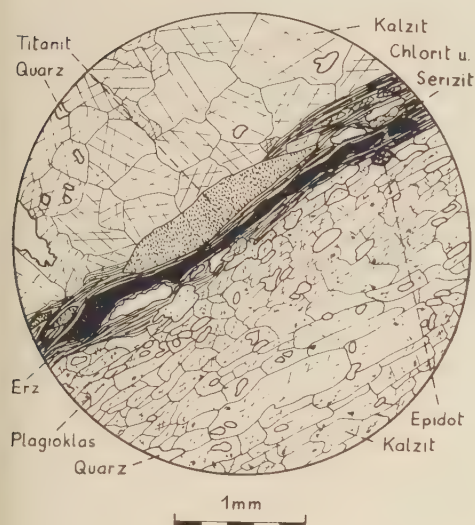


Fig. 19. (10.8.61/3) Serie der Termen-Kalkschiefer: schwach sandiger Kalkschiefer mit weissen Linsen und Schnüren aus Kalzit und Quarz. Die wesentlich grössern Kalzitindividuen der Linse werden durch eine sie umschliessende tonige Lage vom schwach sandigen Kalkschiefer mit den typisch gelängten Kalzitkörnern getrennt. In der tonigen Umantelung der Linse treten stets metamorphe Neubildungen auf (vergl. S. 42).

BL 68. Rötlich verwitterter Sandkalk

Mineralbestand: HG: Kalzit 65-70 %, Quarz 25-30 %
NG: Chlorit 3-4 %, Chloritoid 1-2 %

Die Korngrösse der eckig-körnigen Gemengteile Kalzit und Quarz beträgt 0,07 - 0,2 mm. Der Kalzit ist manchmal schwach gelängt und in seiner Längsrichtung eingeregelt. Ein braunroter Fe-Hydroxydsaum umgibt sämtliche Kalzitkörner und greift längs den Spaltrissen in die Körner hinein. Der grüne Chlorit ist in feinen Schüppchen mit anomal graublauer Interferenzfarbe schwach geregelt über den ganzen Schliff verteilt. Die deutlich pleochroitischen Chloritoidporphyroblasten sind oft polysynthetisch verzwilligt und erreichen eine Länge von 1,4 mm. Nebst vereinzelt Einschlüssen greifen kleine Quarz- und Kalzitkörner buchtig in die Chloritoidtäfelchen hinein (vergl. Fig. 41, deren Chloritoidporphyroblasten den hier besprochenen sehr ähnlich sind).

BL 69. Schwarzer Granat-Chloritphyllit (linsige Vorkommen in BL 68)

Mineralbestand: HG: Granat 70-80 %, Chlorit 10-20 %
NG: Erz 3-4 %, Kalzit 3 %, Quarz 2-3 %
Sehr viel schwarzes Pigment

Die Struktur ist lepto-porphyroblastisch, die Textur flaserig, gefältelt. Die Grundmasse besteht aus einem dichten Chloritfilz mit einzelnen, kleinen Quarz- und Kalzitkörnern, Erz und sehr viel schwarzem Pigment. Die grossen, eckigen Granatkörner erreichen 1 cm Durchmesser. In wenigen unregelmässigen Spaltrissen kann Kalzit beobachtet werden. An seltenen Einschlüssen wurden nur stengeliges Erz (Ilmenit ?) und Kalzit festgestellt. Die Granatkörner sind schwach rosa gefärbt und völlig ohne schwarzes Pigment. Einzelne unförmige Erzpartikel zeigen randliche Umwandlung in Fe-Hydroxyd. Die Untersuchung des Granats im Körnerpräparat ergab eine Lichtbrechung (unter NaD-Licht) von 1,80. Entsprechend dieser Lichtbrechung vermuten wir, dass es sich um einen Granat der Mischungsreihe Pyrop-Almandin mit ca. 80 Mol-% Almandin handelt. Die Lichtbrechung allein ist aber noch

kein Beweis für Almandin, theoretisch könnte es auch ein Spessartit sein (vergl. WINCHELL, 1951, S. 487). Gegen Spessartit spricht die rosa Farbe im Dünnschliff, die dem Almandin eigen wäre. Nur die chemische Analyse könnte unsere auf Indizien gestützte Vermutung bestätigen oder entkräften.

BL 87. (Fig. 20) Bräunlich anwitternder, grauer, kalkiger Biotit-Muskowit-Quarzitschiefer

Mineralbestand: HG: Quarz 70 %, Kalzit 10 %, Biotit 5-10 %, Muskowit 5-10 %
NG: Chloritoid 1 %, Epidot 1 %
UG: Turmalin, Erz
Einzelne Fossiltrümmer

Die Struktur ist lepido-granoblastisch, die Textur schiefrig. Der Quarz als wichtigster Gemengteil ist schwach gelängt bzw. in der Längsrichtung eingeregelt. Der etwas grobkörnigere und deutlicher gelängte Kalzit ist lagig angereichert. Die Glimmer sind durch braunen porphyroblastischen Biotit und säuligen (parallel c) Muskowit (?) vertreten. Der Chloritoid bildet kleine Täfelchen (schwach pleochroitisch), der Epidot farblose Körner und Stengel mit anomal blauer Interferenzfarbe.

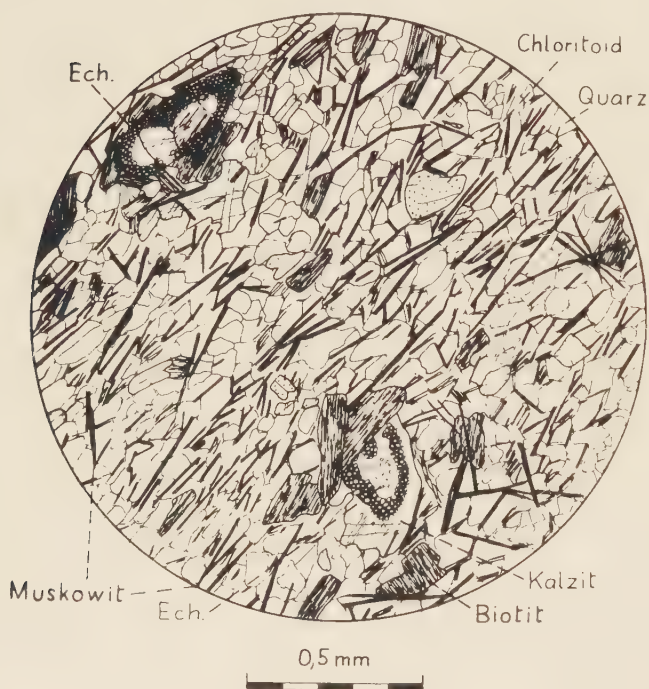


Fig. 20. (BL 87) Serie der Termen-Kalkschiefer: kalkiger Biotit-Muskowit-Quarzitschiefer mit schlecht erhaltener (pyritifizierter ?) Gitterstruktur von Echinodermenfragmenten.

BL 36. Grauer Biotit-Kalksandschiefer, reichlich feldspatführend

Mineralbestand: HG: Quarz 35-40 %, Feldspat (Andesin) 30-35 %, Kalzit 15 %, Biotit 10 %
NG: Ilmenit 1 %
UG: Chlorit, Epidot, Turmalin, Erz
Wenig schwarzes Pigment

Die Struktur ist grano-lepidoblastisch und poikiloblastisch, die Textur lagig, schiefrig. Der Feldspat tritt z.T. zusammen mit Kalzit in netzartigen Lagen auf. Erst mit Gips Rot I können offensichtlich verschieden orientierte, unregelmässig geformte Individuen unterschieden werden. Der Feldspat zeigt manchmal polysynthetische Verzwillingung. In diesem Feldspat von grundmassenartigem Charakter liegen die Quarzkörner

mit einer Korngrösse von 0,07 - 0,15 mm, sowie vereinzelte Kalzitkörner. Mit den poikiloblastischen Lagen wechseln nester- oder lagenartige Partien aus Quarz, wenig Kalzit und braunem Biotit. Letzterer erreicht oft porphyroblastische Grösse bis zu 0,8 mm. Ilmenit ist über den ganzen Schliff verteilt. Wenig schwarzes Pigment ist augenfällig im Feldspat angereichert.

R 80b. (Fig. 21) Grauschwarzer, sandiger Biotit-Zoisit-Kalkschiefer

Mineralbestand: HG: Kalzit 50 %, Zoisit 20 %, Quarz 15-20 %

NG: Biotit 4-5 %, Serizit-Muskowit 4-5 %, Plagioklas 1 %

UG: Apatit, Titanit, Rutil, Erz

Wenig schwarzes Pigment

Das Gestein besteht aus feinem, 1-2 cm mächtigem Wechsel von gefältelten, tonigeren Lagen und schiefrigen, sandig-kalkigen Lagen. Letztere bestehen vorwiegend aus verlängerten Kalzitkörnern, etwas Quarz und Serizit-Muskowit mit wenig hellbraunem Biotit. Vereinzelt treten siebartige Feldspatfetzen auf. In den tonigen Lagen überwiegt bis zu 40 % teils gedrehter, amöbenartiger bis blättrig-stengeliger Zoisit. Dieser Zoisit ist optisch l-axig positiv, es handelt sich also um Pseudozoisit oder β -Zoisit. Neben 30 % Kalzit und 20 % Quarz können bis 10 % hellbraune Biotitporphyroblasten mit einer Länge bis zu 1,5 mm beobachtet werden. Fig. 21 zeigt einen Ausschnitt aus einer solchen tonigen Lage.

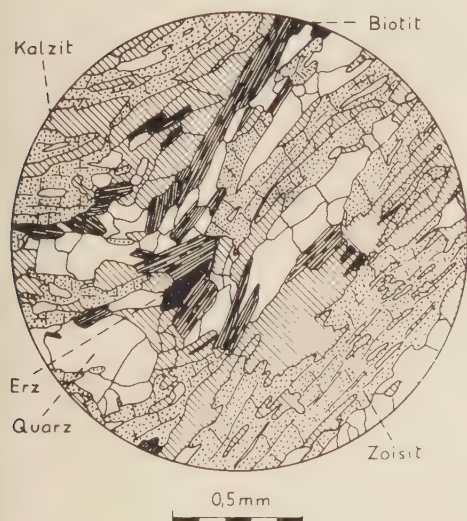


Fig. 21. (R 80b) Serie der Termen-Kalkschiefer: sandiger Biotit-Zoisit-Kalkschiefer. Lage mit siebartigem, oft gedrehtem Pseudozoisit.

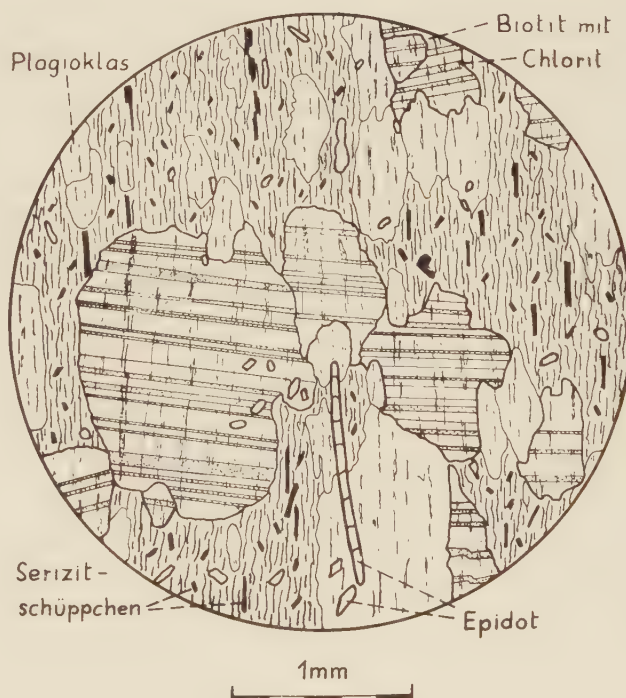


Fig. 22. (BL 46a) Serie der Termen-Kalkschiefer: Serizit-Chlorit-Biotitphyllit mit reichlich Feldspat. In der Grundmasse

aus Serizit, Chlorit und etwas Quarz treten streifige, braune Biotite und ovale Feldspatporphyroblasten mit wenigen Einschlüssen auf. Schwarzes Pigment, in Biotit und Feldspat angedeutet, ist über den ganzen Schliff verteilt.

BL 46a. (Fig. 22) Schwarzer Serizit-Chlorit-Biotitphyllit, reichlich feldspatführend

Mineralbestand: HG: Biotit 45-50 %, Serizit-Chlorit 30-35 %, Plagioklas 15 %
NG: Epidot, Quarz, Kalzit, Erz

Die Grundmasse wird gebildet aus einem filzartigen Serizit-Chloritgewebe mit kleinen Epidotkörner (anomale Interferenzfarbe) und wenig Quarz und Kalzit. Der Plagioklas ist mit länglich-ovalen Porphyroblasten (bis 3 mm) in der Schieferungsrichtung eingeregelt. 1-3 mm grosse Querbiotite zeigen parallel der Basis eingewachsene, farblose Lamellen ("Streifung"). Die weitere Untersuchung an diesen Biotiten ist im Kapitel Metamorphose ausführlich beschrieben. Das Erz zeigt rote Fe-Hydroxydumwandlung.

Zum Schluss beschreiben wir noch die Dünnschliffe von Handstücken zweier Quarzitzüge, die in dieser Serie im Blinnental und im hintern Rappental auftreten. Wahrscheinlich handelt es sich um ein und denselben Quarzitzug, der mit den Quarziten der Serie der Nufenen-Quarzite weder eine makroskopische, noch eine mikroskopische Aehnlichkeit aufweist.

BL 20. Rostig-grün verwitterter, schwach kalkiger Epidot-Chloritoidquarzit

Mineralbestand: HG: Quarz 80 %, Kalzit 5 %
NG: Epidot 3-5 %, Chloritoid 3-5 %, Serizit 1-2 %
UG: Chlorit, Erz

Die Quarzkörner (0,1 - 0,3 mm) sind buchtig verzahnt. Der Kalzit tritt zwickelförmig zwischen den Quarzkörnern als gelängte Körner (0,15 - 0,4 mm) auf. Sehr oft zeigt er rote Fe-Hydroxydummantelung. Epidot und Chloritoid sind stengelig bzw. länglich-tafelig ausgebildet und kommen meist zusammen und sich berührend vor. Beim Epidot handelt es sich um farblosen Pistazit, z.T. mit anomalen Interferenzfarben. Der Chloritoid ist sehr schön pleochroitisch und meist polysynthetisch verzwillingt. Der grüne Chlorit tritt in vereinzelt Schüppchen auf.

11.9.64/7. (Fig. 40) Rostig-grün verwitterter Chlorit-Chloritoidquarzit, leicht geschiefert.

Mineralbestand: HG: Quarz 80-85 %, Chloritoid 7-10 %
NG: Kalzit 4-5 %, Chlorit 3-4 %
UG: Epidot, Apatit, Erz

Der Quarz ist eckig und recht gleichkörnig (0,1 - 0,15 mm) ausgebildet. Der deutlich pleochroitische Chloritoid tritt in kleinen tafeligen Porphyroblasten, z.T. polysynthetisch verzwillingt auf. Der Kalzit in Zwickelfüllungen und als buchtige, unregelmässige, teils gestreckte Individuen. Fe-Hydroxyd als Saum und längs den Spaltrissen ist recht häufig. Ueber den ganzen Schliff sind kleine grüne Chloritschüppchen mit anomal blauer Interferenzfarbe gleichmässig verteilt.

Fossilinhalt

In der Kummhornregion haben wir Fossiltrümmer in einem Handstück aus dem Gehängeschutt gefunden. Auf der Schieferungsfläche des grauen Serizit-Kalkschiefers befinden sich zwei herausgewitterte Querschnitte von Crinoidenstielglieder. Herr Dr. H. HESS, Basel-Binningen, bestimmte diese schlecht erhaltenen Querschnitte als *Isoocrinus* sp. (Trias - rezent). In zahlreichen Dünnschliffen wurden ausschliesslich Echinodermenbruchstücke beobachtet.

3.2322 Serie der Termen-Tonschiefer

Die met. Tonschiefer dieser Serie sind identisch mit den Dachschiefer von Termen. SCHMIDT (1907) nennt diese Schiefer "Clintonitschiefer", "Clintonitphyllite" oder (1908, S. 26) "schwarze Dachschiefer mit Sprödglimmer". Er definiert diese Gesteine folgendermassen (1908, S. 26): "Diese primär als Tonschiefer entwickelten Gesteine sind stark pigmentierte, schwarze, feinschiefrige Phyllite mit quer zur Schieferung gestellten Sprödglimmerkrystallen".

Vorkommen und Ausbildung

Diese schwarzen, feinplattigen, teils sandigen, teils schwach kalkigen Serizit-Chloritschiefer und -phylliten (met. Tonschiefer) werden östlich dem Dorf Termen am Brigerberg abgebaut. Eine detaillierte Beschreibung der Steinbrüche findet sich in P. MEIER & W.K.NABHOLZ (1949) und neuerdings in der Dissertation LISZKAY.

Im Blinnental, im E unseres Untersuchungsgebietes, sind einige nur wenige Meter mächtige Lagen dieser Gesteinsserie vorhanden (vergl. das Detailprofil). Auch auf der Ostseite des Blinnentals gegen die Merezenbachschije sind sie noch weiter verfolgbar. Vom Blinnental gegen W nehmen die Tonschieferzüge der einzelnen Schuppen an Mächtigkeit zu. Im hintern Rappental erreichen sie bereits eine Mächtigkeit von 25 m. In der Rappentalumbiegung können des tiefgründigen Hakenwurfes wegen keine zuverlässigen Angaben gemacht werden. Dafür wissen wir aus dem Stollenprofil Feld und aus den Aufschlüssen weiter im W in der Region Ausserbinn, dass die Serie der Termen-Tonschiefer auf 250 m anschwillt.

Die Serie der Termen-Kalkschiefer dominiert im Untersuchungsgebiet eindeutig, während in der Region Brigerberg die Serie der Termen-Tonschiefer die erstere an Mächtigkeit um ein Vielfaches übertrifft. Beim Bau des Simplon-Tunnels wurden eine 3. und 4. Liasschuppe im S durchfahren, die aus ca. 700 m bzw. 500 m schwarzen met. Tonschiefer der Serie der Termen-Tonschiefer bestehen (vergl. SCHMIDT, 1907, S. 494 und Tafel VIII).

In der monotonen Abfolge dieser schwarzen, meist kalkfreien Serizit-Chloritschiefer, mit mehr oder weniger Quarz, treten vereinzelt auch kalkigere Glieder und eigentliche Kalkbänke auf. Granatführende, schwarze met. Tonschiefer können u.a. im Blinnental, im hintern Rappental, beim Lawinentobel in der Rappentalumbiegung und in der Binnaschlucht beobachtet werden. Neben den glatten, feinschiefrigen Typen sind öfters auch solche mit kleinen Buckel oder Knötchen auf der Schieferungsfläche festgestellt worden. Diese Knötchen bestehen (u.d.M.) aus Feldspat. Weisse Schnüre und Linsen, vorwiegend aus Quarz bestehend, sind selten. Auf den Schichtflächen wie auf den Kluftflächen können Pyrit, Quarz und Chlorit auftreten. Eine eigentümliche Erscheinung bilden dm bis m mächtige, hellgraue bis beige Serizit-Chloritschiefer innerhalb der Serie der schwarzen met. Tonschiefer. Irgend ein Hinweis für eine Verschuppung liess sich im Feld nicht finden, so dass an eine Deutung dieser hellen Schiefer als met. Quartenschiefer nicht zu denken ist. Nebst dem völligen Fehlen von Pigment sind keine mikroskopischen Unterschiede feststellbar. Einzig der Quarzgehalt ist mit 20 % etwas höher als der Durchschnitt, doch kann soviel Quarz vereinzelt auch in den schwarzen met. Tonschiefer auftreten. Von allen Gesteinen des gotthardmassivischen Mesozoikums und der Bündnerschiefer weisen die met. Tonschiefer die stärkste Pigmentierung auf. Das schwarze Pigment wird von verschiedenen Autoren als Kohle, Graphitoid oder organische Substanz bezeichnet. JUNG (1963) führte an Gesteinsproben aus der südlichen gotthardmassivischen Sedimentbedeckung in Graubünden Kohlenstoff- und Schwefelbestimmungen durch. Wir zitieren JUNG auf S. 726: "Die Analysen demonstrieren, dass der grössere Anteil des Pigments organischer Herkunft ist. Die Sulfide der Schwermetalle spielen eine geringere Rolle."

Dünnschliffbeschreibung

Der globale Mineralbestand kann wie folgt angegeben werden: Serizit-Chlorit (filzartige Grundmasse) 65-95 %, Serizit-Muskowit 0-5 %, Chlorit 0-10 %, Feldspat 0-25 %, Quarz 0-4 % (20 %), Kalzit 0-3 %, Granat 0-5 %, Chloritoid 0-3 %, Epidot 0-2 %, brauner Biotit 0-1 %, Ilmenit 0-4 %, grüner Turmalin und Erz akzessorisch, sehr viel schwarzes Pigment, wenig Fossiltrümmer.

Die Struktur ist stets lepidoblastisch und teils schwach porphyroblastisch, die Textur feinschiefrig, gelegentlich lagig und gefältelt. Allen met. Tonschiefer gemein ist der hohe Serizit-Chloritgehalt, der meist in einer filzartigen Grundmasse vorliegt und seltener feinschuppig ausgebildet ist. Meist schief zur Schieferung sind offensichtlich jüngere Serizit-Muskowit- und Chloritblättchen bis zu porphyroblastischer Grösse eingeregelt. Anzahl und Menge der übrigen Gemengteile sind sehr unterschiedlich und bis auf den Granat und ev. den Feldspat (feine Knötchen) makroskopisch nicht erkennbar. Die Granate sind farblos, teils gedreht und enthalten in einem äussern zonaren Saum schwarze Pigmenteinschlüsse, während der Kern rein bleibt. Zusammen mit Granat tritt stets auch Feldspat in beträchtlichem Prozentsatz auf. Höheren Quarzgehalt haben wir vor allem in den pigmentfreien, hellgrauen met. Tonschiefer gefunden, die im Feld in 1-2 m mächtigen Lagen innerhalb der schwarzen met. Tonschiefer auftreten. Der Chloritoid bildet stets kleine, farblose Täfelchen. Epidot ist feinkörnig und stengelig mit anomalen Interferenzfarben ausgebildet. Das schwarze Pigment ist über den ganzen Schliff verteilt und in feinen, parallelen Schnürchen angereichert.

Beispiele

BL 21. (Fig. 23) Schwarzer Chloritoid-Serizit-Chloritphyllit (met. Tonschiefer)

Mineralbestand: HG: Serizit-Chlorit (Grundmasse) 85-90 %

NG: Serizit-Muskowit 5 %, Quarz 2-4 %, Chloritoid 2-3 %, Ilmenit 1 %

UG: Chlorit, Turmalin, Erz (Pyrit)

Viel schwarzes Pigment

Die Struktur ist lepidoblastisch, die Textur feinschiefrig. In der Grundmasse aus filzartigem Serizit-Chlorit und wenig stark gelängtem Quarz treten schwach porphyroblastisch kleine Chloritoidtäfelchen, farblose Serizit-Muskowitschüppchen, vereinzelt Chloritschüppchen und Ilmenittäfelchen bis -stengel auf. Der Chloritoid ist farblos bis leicht pleochroitisch, meist schief zur Schieferungsebene angeordnet; polysynthetische Verzwillingung ist selten. Die Serizit-Muskowitschüppchen und der Chlorit treten quer zur Schieferung auf und enthalten wie der Chloritoid schwarze Pigmenteinschlüsse. Die schmalen Ilmenitstengel mit einer Länge bis zu 0,9 mm sind leicht schief zur Schieferungsebene eingeregelt, die breiten Plättchen jedoch quer dazu und oft von Chlorit begleitet.

26.9.61/18. (Fig. 24) Schwarzer Chloritoid-Chlorit-Serizitphyllit (met. Tonschiefer)

Mineralbestand: HG: Serizit 80-85 %, Chlorit 10-15 %

NG: Quarz 2-3 %

UG: Chloritoid, Turmalin, Epidot, Erz

Viel schwarzes Pigment

Die Struktur ist lepidoblastisch und schwach porphyroblastisch, die Textur feinschiefrig. Die Grundmasse besteht vorwiegend aus Serizit, wenig Chlorit und Quarz. Porphyroblastisch treten schief zur Schieferung (vergl. Fig. 24) schwach grünliche Chlorite auf, die eine Länge von 0,8 mm erreichen. Der Chloritoid bildet kleine farblose Täfelchen.

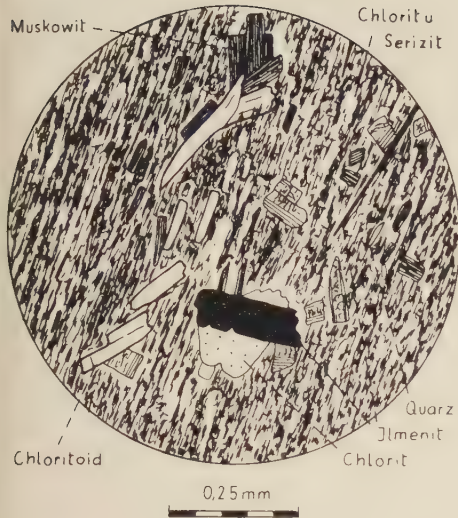


Fig. 23. (BL 21) Serie der Termen-Tonschiefer: Chloritoid-Serizit-Chloritphyllit mit viel schwarzem Pigment (met. Tonschiefer).



Fig. 24. (26.9.61/18) Serie der Termen-Tonschiefer: Chloritoid-Chlorit-Serizitphyllit mit viel schwarzem Pigment (met. Tonschiefer).

Fossilinhalt

Angespornt durch den Ammonitenfund von BERNOULLI (1942) wurde wochenlang Fossilien gesucht, vor allem in den Deponien. Die Ausbeute blieb äusserst mager. Weisse, kalzitische Belemnitenrostren wurden in der Kummhornregion, bei der Rappentalumbiegung in der Deponie der Galerie Feld und in der Deponie der aufgelassenen Dachschieferbrüchen bei Lätzes Ausserbinn gefunden. Die Belemnitenrostren sind gelängt, so dass ihre heutige Länge nicht mehr massgebend sein kann. Zudem sind sie so schlecht erhalten, dass wir nicht sicher wissen, ob es sich um ein vollständiges Rostrum oder um ein Bruchstück handelt. Einzelne unbestimmbare Ammonitenabdrücke haben wir im hintern Rappental beobachten können (vergl. Profil S. 16). Fossiltrümmer in den Dünnschliffen sind sehr selten und bestehen ausschliesslich aus Echinodermenbruchstücken, wie sie bereits in den frühern Serien beschrieben wurden.

P. MEIER & W.K. NABHOLZ (1949, S. 210) beschreiben ihre Fossilausbeute wie folgt: "Obwohl die Ammonitenfunde bei Termen erwarten lassen, dass diese Dachschiefer auch im Binntal fossilführend sein sollten, sind bis jetzt noch keine Ammoniten gefunden worden. Allenfalls könnte ein nicht sicher bestimmbares Gebilde als stark deformierter Ammonitenabdruck gedeutet werden. Im Dünnschliff zeigen sich Echinodermenreste."

Ausserhalb unserem Untersuchungsgebiet muss vor allem der Ammonitenfund von BERNOULLI (1942) aus den Dachschiefer am Brigerberg erwähnt werden. Bei einem Ammoniten handelt es sich um einen Harpoceras cf. falciferum (J. SOWERBY). Durch diesen Fund wurden die Dachschiefer bei Termen als Toarcien datiert.

3.233 Diskussion der Stratigraphie

Mangels eigenen Leitfossilien haben wir zwei Möglichkeiten, unsere Gesteinsserien in lithologischer Hinsicht mit benachbarten Liasabfolgen zu parallelisieren. Im Nufenengebiet östlich unserm Untersuchungsgebiet hat EICHENBERGER (1924) eine stratigraphische Abfolge der Liassedimente auf Grund lithologischer Kriterien im

Vergleich mit dem Torrenthornlias aufgestellt. Diese hypothetischen Datierungen der Nufenensedimente werden in unserm Gebiet recht fragwürdig, da bereits im Blinnental zwei Serien auskeilen und wir fazielle Uebergänge quer und parallel dem Streichen bei der dritten Serie (Serie der Nufenen-Knotenschiefer) beobachten können.

Als Ausgangspunkt unserer stratigraphischen Zuordnung ziehen wir daher die mit Leitfossilien belegte Serie der Termen-Tonschiefer vor. Nach dem Ammonitenfund von BERNOULLI (1942) mit einem *Harpoceras cf. falciferum* (J. SOWLEY) wurden die "Dachschiefer von Termen", die unserer Serie der Termen-Tonschiefer entsprechen, dem Toarcien zugewiesen. Seither sind zwei neue Ammoniten aus den Dachschieferbrüchen bei Termen gefunden worden, die LISZKAY erstmals ausführlich beschreibt. Nach der Bestimmung durch B. ZIEGLER (Zürich) handelt es sich dabei um:

1. *Lytoceras* sp. aus der Gruppe *L. fimbriatum* und *L. cornucopiae*, Leitfossilien für das obere Pliensbachien bis untere Toarcien. Das Handstück zeigt gute Uebereinstimmung mit dem "Dachschiefertypus" der Serie der Termen-Tonschiefer.
2. *Andogynoceras* sp. oder eventuell *Coeloceras* sp., beide Gattungen typisch für das untere Pliensbachien. Dieses Handstück entspricht lithologisch nicht den Gesteinstypen der Serie der Termen-Tonschiefer. Es handelt sich eher um einen Vertreter der Serie der Termen-Kalkschiefer.

Auf Grund dieser verschiedenen Fossilfunde ist die Serie der Termen-Tonschiefer sicher dem Toarcien, möglicherweise dem obern Pliensbachien bis Toarcien zuzuweisen. Wie weit die Serie der Termen-Kalkschiefer übers untere Pliensbachien hinauf ins Domerien reicht, ob möglicherweise eine vollständige Abfolge seit dem Hettangien vorliegt, sind alles offenbleibende Fragen, die wir noch nicht entscheiden können. Auf Grund der Feldbeobachtung und der beträchtlichen Mächtigkeit wegen, möchten wir eine vollständige Liasabfolge bis zur Serie der Termen-Tonschiefer annehmen. Wir sind uns aber bewusst, dass das Argument mit der Mächtigkeit nicht besonders stichhaltig ist und unsere Ansicht nicht unwesentlich gefühlsmässig bedingt ist.

3.3 Tektonik

SCHMIDT und PREISWERK (1908, S. 30) fassen die gotthardmassivische Sedimentbedeckung und die südlich anschliessenden Bündnerschiefer tektonisch als Bedrettomulde zusammen: "Südwärts der Zentralmassive erstreckt sich von Nordost nach Südwest über Bedretto-Binn-Visp eine breite Masse steilstehender Kalkschiefer, die Bedrettomulde. Dieser Schieferzug scheidet Gotthard- und Aarmassiv von den Simplonbergen im Süden." An anderer Stelle auf S. 21 werden jene Schiefer erwähnt, die wir heute als gotthardmassivischen Lias kennen: "Für die tiefern Teile der Schiefer in der sogen. Bedrettomulde ist ihr Alter als Lias einwandfrei erwiesen. Am Nordrand dieser Mulde, längs Gotthard- und Aarmassiv, über Nufenen, Faulhorn, Ritzenhörner, Rappental, Ausserbinn, Grengiols bis Z'Matt an der Rhone finden sich zahlreiche Fundstellen von Liasfossilien."

Erst EICHENBERGER (1924) trennt im Nufenengebiet diese bisher nach rein lithologischen Merkmalen gegliederte Schichtserie (vergl. Simplonkarte von SCHMIDT & PREISWERK, 1908) von der Bedrettomulde ab. Wir zitieren auf S. 452: "Die Nufenenschieferzone keilt also gegen E aus. Gegen W können wir sie über Faulhorn, Ritzenhörner und Merezenbachschije bis in das Blindental und darüber hinaus verfolgen. SCHMIDT und PREISWERK (Lit. 22, Tafel II) fassen sie als Mulde auf und sie soll deshalb in der Folge auch "Nufenenmulde" genannt werden, trotzdem sie, wie wir später sehen werden, keine eigentliche Mulde ist."

Später auf S. 476 beschreibt EICHENBERGER die tektonischen Verhältnisse in der "Nufenenmulde" mit folgenden Worten: "Wir beobachten eine Aufeinanderfolge von vier Trias-Liasserien, die als vier Schuppen (1-4) hintereinander aufgereiht sind. Die

beiden nördlichen zeigen von den Granatschiefern bis zu den Knotenschiefern je ein vollständiges Liasprofil. Die beiden südlichen bestehen nur aus unterm Lias (Granatschiefer). Auf die unterliasischen Granatschiefer der südlichsten Serie folgt unmittelbar die Rauhwacke der Val Cornotrias, darüber Quartenschiefer und Kalkschiefer penninischer Fazies.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich: 1. dass die "Nufenenmulde" keine normale Mulde, sondern ein Bündel von vier steil gestellten, isoklinalen Schuppen ist; 2. dass der Triaszug von Val Corno nicht als Antiklinale zu deuten ist, sondern die auf die Nufenenschuppen aufgeschobene normale Unterlage der penninischen Kalkschieferserie darstellt."

EICHENBERGER beschreibt den Verlauf dieser Schuppen bis ins Blinnental, wobei er die komplizierte und verworrene Tektonik der westlichen "Nufenenmulde" hervorhebt. Neuerdings wurde dieser Abschnitt der "Nufenenmulde" vom Nufenenpass bis ins Blinnental von LISZKAY untersucht, auf dessen Arbeit (in Vorbereitung) wir hiemit verweisen.

Die tektonischen Verhältnisse im engern Untersuchungsgebiet wurden von OBERHOLZER (1956, S. 374-75) wie folgt charakterisiert:

"Die vier Schuppen von EICHENBERGER verschmelzen gegen W zu immer mehr; schon im Gebiete des Blinnentals finden wir nur noch eine zweifache Wiederholung der Schichtserie, wobei die südlichere ausserdem nicht mehr vollständig ist. Im Gebiete des hintern Rappentales kann man auch das Auskeilen der südlich gelegenen Schuppe schön beobachten. Vom Uebergang Blinnental-Rappental bis ins Gebiet des Schlettergrabens besteht die Nufenenmulde nur noch aus einer einzigen Schichtserie. Im Profil des Schlettergrabens (P. MEIER und W. NABHOLZ, 1949) tritt wieder eine trennende Triaslinse auf, doch ist diesmal die nördliche Schuppe unvollständig."

Die folgenden Ausführungen gelten unsern eigenen Beobachtungen: Auf der Westseite des Blinnentales können wir zwischen der penninischen Grenztrias im S und dem Kristallin des Gotthardmassivs (die autochthone Trias ist nicht aufgeschlossen) sieben unterschiedlich mächtige, schuppentrennende Triaszüge feststellen; vermutlich liegen aber noch mehr als die entsprechenden acht Liasschuppen vor. Im N beim einzigen Auftreten der Serie der Nufenen-Quarzite haben wir fragliche, von der Metamorphose verwischte Ueberschiebungshorizonte beobachtet. Einer davon befindet sich am südlichen Kontakt der Quarzite mit den Knotenkalkschiefer. Im Sinne EICHENBERGER (1924) ist keine einzige unserer Schuppen im Blinnental vollständig (verglichen mit den isoklinalen Schuppen des Nufenengebietes). Die nördlicheren Schuppen aus Gesteinen der Serien der Nufenen-Knotenschiefer und -Quarzite im N, der Serie der Termen-Kalkschiefer mehr im S, sind wesentlich mächtiger als der öfters verschuppte Südteil der gotthardmassivischen Sedimentbedeckung. Im S bestehen die Liasschuppen nur noch aus geringmächtigen Abfolgen der Serie der Termen-Kalkschiefer und wenigen Meter mächtigen Lagen der Serie der Termen-Tonschiefer. Wie EICHENBERGER im Nufenengebiet deuten auch wir die durch Triaszüge getrennten Liasabfolgen als isoklinale Schuppen. Wir haben im ganzen Untersuchungsgebiet keine steil gestellte Grossfalte nachweisen können. Weder Faltenumbiegungen noch irgendwelche symmetrische, auf Faltung deutende Gesteinsabfolgen wurden beobachtet. Die steil, 78-90°S, einfallenden Schichten streichen N 56-70° E. Diese Werte wurden ausschliesslich in Bachtobel oder nahe der Blinnentalsohle gemessen. In den höhern Kammregionen sind die Schichten stark zerbrochen und teils nach S, teils nach N tiefgründig hakengeworfen. Im allgemeinen scheint die Hauptschieferung parallel den Schichtflächen zu verlaufen. In einem einzigen Fall konnte eine Divergenz zwischen der Schieferung und der Schichtung von 5-10° gemessen werden.

Auf der hintersten nördlichen Rappentalseite lässt sich das Auskeilen der nördlichsten Schuppe sehr schön verfolgen. Im S wird diese aus den Gesteinen der Serie der Nufenen-Knotenschiefer bestehende Schuppe von einem Triaszug begleitet, der unter dem Kummhorn durchzieht (von OBERHOLZER als "Quarzitzug" kartiert), gegen SW unter Gehängeschutt und Moräne verschwindet und erst kurz vor dem Auskeilen der Schuppe wieder aufgeschlossen ist. Das von OBERHOLZER (1956, S. 375) zitierte Auskeilen seiner südlicheren Schuppe können wir nicht bestätigen. Nach unsern Feldbeobachtungen setzten sich die südlicheren Schuppen unter Gehängeschutt, Moräne, z.T. unter versackten Bündnerschiefermassen und unter den Alluvionen der Talsohle weiter gegen SW fort und tauchen in der Rappentalumbiegung wieder auf.

Vom Uebergang Blinnental-Kummhornregion bis zur Rappentalumbiegung lässt sich die Zahl der Liasschuppen nicht mehr bestimmen. Auf Grund der einzelnen, triasführenden Aufschlüsse können wir jedoch nachweisen, dass es sich zumindest nicht nur um eine einzige Schuppe handelt, wie OBERHOLZER (1956, S. 375) angenommen hat. Längs der Bisse auf Kote 1930 m in der Rappentalumbiegung ist das gotthardmassivische Mesozoikum grösstenteils aufgeschlossen. Entsprechend den vier trennenden Triaszügen zählen wir fünf Liasschuppen.

In der Region Ausserbinn kennen wir den bei P. MEIER & W.K. NABHOLZ (1949) erstmals erwähnten Triaszug aus dem Schlettergraben. In der Binnaschlucht finden wir diesen schuppentrennenden Triaszug in gleicher Ausbildung (Rauhwacke, met. Quartenschiefer, gelber Dolomit) wieder.

Da wir keine andern Triaszüge namhaft machen konnten, scheint am Westende unseres Untersuchungsgebietes der Lias nur noch mit zwei Schuppen in der gotthardmassivischen Sedimentbedeckung vertreten zu sein. Die nördlichere Schuppe enthält ausschliesslich Gesteine der Serie der Termen-Kalkschiefer (mit vereinzelt Uebergangstypen zur Serie der Nufenen-Knotenschiefer), die südliche besteht etwa aus gleichen Teilen aus den schwarzen Schiefer der Serie der Termen-Tonschiefer im S und den Gesteinen der Serie der Termen-Kalkschiefer an der Basis. Im Gegensatz zu OBERHOLZER (1956, S. 375) glauben wir nicht, dass es sich bei der südlichen, mächtigeren Schuppe um eine vollständige Liasabfolge handelt. Mangels Leitfossilien gibt es vorläufig weder Beweise für noch solche gegen unsere Ansicht, die sich zugegebenermassen gefühlsmässig aus der Beobachtung der üblichen Verschuppung im Untersuchungsgebiet ableitet.

Das Streichen und Fallen der Schichtung variiert vom Blinnental bis ins Binntal nur sehr wenig. Die gemessenen Werte liegen alle um N 65-75°E / 70-85°S.

4. BEDRETTOMULDE

4.1 Geologische Beschreibung des Gebietes

Durch einen schmalen, öfters verschuppten Triaszug von der gotthardmassivischen Sedimentbedeckung getrennt, folgt gegen S eine 3-4 km mächtige Abfolge von Bündnerschiefer der Bedrettomulde (vergl. Kapitel Tektonik), die wenig südlich von unserem Untersuchungsgebiet auf der Südseite des Binnbals an Trias und Kristallin der Monte-Leone-Decke grenzt (vergl. BADER, 1934 und GRAESER, 1965). In den sandig-kalkigen Bündnerschiefer treten längs dem Feldbach Grünschiefer, triasische Gesteine, Arkosen, schwarze tonig-sandige Bündnerschiefer auf. Diese Gesteine werden im Abschnitt "Feldbachzone" beschrieben.

4.11 Das Gebirge zwischen Mühlebach (Rappental) und Feldbach-Binna

Der Gebirgszug vom markanten Eggerhorn im SW, über den Schweifengrat, das Faulhorn bis zum Holzjhorn im NE trennt die Täler des Mühlebaches im N und der Binna und des Feldbachs im S. 1 km westlich Binn durchbricht die Binna in einer schmalen und tiefen Schlucht diesen Gebirgszug, der sich mit dem Breithorn, Bettlihorn usw. gegen W fortsetzt. Auf einer Wanderung von der Posthaltestelle Steinmatte durch die wilde und malerische Binnaschlucht (Twingi) gegen S können in einem Querprofil die eintönigen, grauen, sandig-kalkigen Bündnerschiefer angeschlagen werden. Eine lithologische Gliederung nach makroskopischen Merkmalen erweist sich in diesen Schiefern mit vollständigem Fehlen von Fossilien als undurchführbar. Damit blieb nur noch die Möglichkeit offen, dass mikroskopische Untersuchungen Aussicht auf Resultate, seien es bezüglich Mikrofossilien oder wechselnder mineralogischer Zusammensetzung, als Hinweise auf die Metamorphose bieten würden. Aus diesem Grund wählten wir als Querprofil den Feldstollen, der die Möglichkeit zu einer nahezu vollständigen Profilaufnahme mit frischen Handstücken bis zur Feldbachzone bietet. Die Wahl dieses Profils begünstigt die Herstellung von Dünnschliffen aus Gesteinen, die an der Oberfläche meist tiefgründig verwittert und aufgelockert sind.

Profil des Zuleitungsstollens Feld durch die Bündnerschiefer

Der Verlauf des Stollens Feld ist auf Tafel I eingetragen. Der Abschnitt, der durch die gotthardmassivische Sedimentbedeckung führt, wurde unter Ziff. 3.161 beschrieben. Hier bei den Bündnerschiefer verzichten wir auf die Ermittlung der Schichtmächtigkeiten zwischen den Handstückentnahmestellen und begnügen uns mit der Angabe der Stollenmetrierung. Es handelt sich ja auch nicht um eigentliche Schichtmächtigkeiten bestimmter Gesteine wie im gotthardmassivischen Mesozoikum, sondern lediglich um die Lokalisierung der Probeentnahmen. Im Durchschnitt haben wir mindestens alle 25 m ein Handstück geschlagen und heimgebracht, bei makroskopischer Verschiedenheit der Gesteine natürlich entsprechend öfters. Die ursprüngliche Handstückdichte lag noch viel näher zusammen. Nach kurzer Untersuchung und Vergleich am Tageslicht schieden wir jedoch einen grossen Teil der oft nahezu makroskopisch identischen Gesteinsproben aus Transportgründen wieder aus und begnügten uns mit den Handstücken entsprechend dem oben beschriebenen Entnahmesystem. Wir glauben, dass dieses Profil für die Beobachtung einer möglichen Aenderung der mineralogischen Zusammensetzung auf Grund der Metamorphose genügend repräsentativ ist. Die Handstücke sind mit R 91b - R 191 fortlaufend bezeichnet. Stollenmetrierung ab Nordportal in der Rappentalumbiegung.

Gotthardmassivisches Mesozoikum:

91b. schwarzer, schwach kalkiger Serizit-Chloritschiefer (met. Tonschiefer)
 der Serie der Termen-Tonschiefer.

Grenztrias:

- 93a. 2,4 m hellgrauer Muskowit-Kalkschiefer.
- 93b. 2,4 m hellgrauer Dolomit- und Kalkschiefer mit Glimmer (cm-mächtiger Wechsel von Dolomit- und Kalklagen).
- 92a. 4 m weisser, schwach dolomitischer Kalkmarmor aus grobkristallisiertem Kalzit und wenig fein verteiltem Dolomit.
- 92b. 1,6 m weisser, grau-schwarz gefleckter Kalkmarmor aus grobkristallisiertem Kalzit.
- 94. 3,6 m hellgraue, geschieferte Dolomitbrekzie mit Muskowit und Phlogopit.

Bündnerschiefer:

- 95. 1006-1016 m grauer, lagiger Serizitkalk bis Serizit-Kalkschiefer mit sehr vielen weissen Linsen und Schnüren aus Kalzit und Quarz.
1016-1017 m hellgrauer Muskowit-Biotit-Kalkschiefer mit zahlreichen Schnüren und Linsen aus Kalzit und Quarz.
- 96. 1017-1023 m grauer, sandiger Kalkschiefer.
1023-1030 m Lücke.
- 97. 1030-1032 m grauschwarzer Biotit-Serizit-Kalkschiefer mit Querbiotit.
- 98. 1032-1040 m grauer Serizit-Kalkschiefer.
1040-1041 m hellgrauer Muskowit-Biotit-Kalkschiefer.
1041-1053 m grauer Serizit-Kalkschiefer.
1053-1054 m hellgrauer Kalkmarmor.
- 99. 1054-1070 m schwarzer Serizit-Chlorit-Kalkschiefer.
- 100. 1070-1072 m grau-schwarz gebänderter, schwach sandiger Biotit-Muskowit-Serizit-Kalkschiefer.
- 101. 1072-1074 m grauer Biotit-Muskowit-Quarzitschiefer.

Triasschuppe:

- 102. 1074-1076 m Brekzie mit grauen und hellbraunen Dolomitkomponenten in schwach sandiger, kalkiger Grundmasse mit viel Muskowit und hellbraunem Biotit (Phlogopit ?).
- 103. 1076-1087 m hellgrauer, kalkig-sandiger Biotit-Muskowitschiefer, reichlich feldspatführend (u.d.M.) mit einzelnen grauen Dolomitlinsen.

Auf die geringmächtige Bündnerschieferschuppe (95-101) folgt im S nach der neuerlichen penninischen Trias die über 2,5 km mächtige Abfolge von monotonen, grauen, schwach tonigen, wechselnd sandig-kalkigen Bündnerschiefer. Wir verzichten auf die Wiedergabe des langweiligen Detailprofils, dessen Handstücke makroskopisch höchstens im Glimmergehalt (Anteil des Biotits und Serizit-Muskowits mit gelegentlichem Fehlen des Biotits) und im Grad der Schieferigkeit variieren. Die Schieferigkeit ist abhängig von der Anzahl und Mächtigkeit der feinen, tonigen Lagen, die auf die metamorphe Differentiation zurückzuführen sind.

Bei 3426 m (Stollenmetrierung) beginnt die Axe des Fensterstollens zum Feldbach, während der Zuleitungsstollen ca. 550 m weiter durch die Feldbachzone zum Leimbach (Bach ob dem Dorf Feld) führt. Dieser letzte Abschnitt wird als Feldbachzone anschliessend beschrieben.

Aus dem vollständigen Stollenprofil ist ersichtlich, dass das ganze Gebirge zwischen dem Rappental und dem Feldbach, abgesehen von der schmalen nördlichen Verschuppung, aus der völlig monotonen, schwach tonigen, wechselnd sandig-kalkigen Abfolge der grauen Bündnerschiefer besteht. Die im frischen, unverwitterten Handstück hellgrauen bis grauschwarzen Gesteine wittern an der Oberfläche braun und sandig an. Die durch die Verwitterung bedingte Auflockerung der Gesteinsmassen hält sich vor allem an die tonigen Glimmerlagen.

4.12 Feldbachzone

An die im vorigen Abschnitt beschriebene, gleichförmige Abfolge der Bündnerschiefer schliesst im SE eine Zone an, die petrographisch durch das Auftreten von Grünschiefer, triasischen Gesteinen und fraglichen "Gneiszügen" (vergl. BADER, 1934, S. 322 und die petrographische Karte im Anhang) gekennzeichnet ist. Wir nennen diesen lokalen Abschnitt innerhalb der Bedrettomulde die Feldbachzone, weil längs dem Feldbach die oben erwähnten Gesteine am mächtigsten ausgebildet sind. BADER (1934, S. 322) erwähnt diese Zone mit folgendem Hinweis:

"In der ganzen Länge des Gebietes, besonders deutlich im Feldbach, taucht aus dem Bündnerschiefer ein scheinbar gesondertes tektonisches Element (a in den Profilen) in stets geringer Mächtigkeit auf. Auf der Simplonkarte von SCHMIDT und PREISWERK lässt es sich 10 km weit westlich Binn verfolgen, bis zum Erizhorn, wo es sich mit der Decke III vereinigt (Auskeilen der Eistenmulde). Es handelt sich demnach um eine Schuppe der Monte-Leone-Decke, beim Erizhorn noch mit der Decke verbunden, weiter östlich im Binnthal wahrscheinlich ganz abgeschürft."

Obschon die Feldbachzone thematisch ausserhalb der Dissertationsaufgabe liegt, haben wir uns entschlossen, die einmalige Möglichkeit, ein vollständiges Profil durch diese Zone zu beschreiben, nicht ungenützt zu lassen.

4.121 Profil des Zuleitungsstollens Binn

Der Stollen Binn bildet die Fortsetzung des Zuleitungsstollens Feld vom Feldbach bis zum Leimbach. Das Trasse ist auf Tafel I eingezeichnet. Die Handstücke sind mit F 39 bis F 1 nummeriert. Die Stollenmetrierung wird von der Galerie Feld ohne Unterbruch weitergeführt.

- 3426 m Axe Fensterstollen Feldbach.
- 3426-3575 m hellgrauer bis grauer, sandiger Muskowit-Kalkschiefer mit feinen, weissen Schnüren und Linsen aus Kalzit und Quarz (39-36)
- 35. 3575-3583 m schwarzer, gefalteter Serizit-Chloritphyllit (met. Tonsch.).
- 34. 3583-3584 m hellbrauner Muskowit-Biotitphyllit mit weissen Quarzlinsen und langstengeligem Rutil (met. Quartenschiefer ?).
- 3584-3585 m Grünschiefer wie 17.
- 3585-3598 m Lücke.
- 33. 3598-3603 m grauer, sandiger Serizit-Kalkschiefer.
- 32. 3603-3606 m grauweisser, quarzitischer Kalkmarmor mit wenig Serizit.
- 31. 3606-3615 m grauer, sandiger Serizit-Kalkschiefer.

ab 3615 m:

- 30. 2 m weisser, sandiger Muskowit-Kalkschiefer.
- 29. 3 m braun anwitternder, weisser, sandiger Muskowit-Kalkmarmor.
- 28. 1 m weisser, quarzitischer Kalkmarmor mit Muskowit und grünem Biotit.
- 27. 5 m graubrauner Epidot-Zoisit-Glimmerschiefer (met. Quartenschiefer ?), feldspatführend (u.d.M.).
- 26. 5 m schwach geschieferte Arkose mit 50 % Quarz, mit Na-K-Feldspat, Serizit-Muskowit, Kalzit (u.d.M.). Vereinzelt können dm-mächtige, sandige Dolomitschiefer eingelagert sein.
- 25. 2 m braun anwitternder, weisser, sandiger Epidot-Muskowit-Serizit-Kalkschiefer, feldspatführend (u.d.M.).
- 24. 1 m grauweisser, sandiger Muskowit-Kalkschiefer.

ab 3634 m:

- 23. grauschwarzer, sandig-kalkiger Biotit-Serizitschiefer mit braunem Biotit, feingefaltet.

3646-3650 m Mylonitzzone.

3650-3743 m grauer, sandiger Muskowitkalk und Muskowit-Kalkschiefer, z.T. mit braunem Biotit (22-20).

ab 3743 m:

- 19b. 2 m weisser, kalkiger Muskowit-Biotit-Quarzitschiefer (Arkose ?).
- 19a. 19 m Grünschiefer: grüner Albit-Hornblendeschiefer mit 80 % gewöhnlicher Hornblende und Feldspat, Quarz, Epidot, Rutil (u.d.M.).
- 18. 3 m geschiefertes Konglomerat aus gelängten Kalzit- und Dolomitkomponenten, mit Muskowit und Phlogopit auf den Schieferungsflächen.
 - 2 m Grünschiefer: wie 19a.
 - 1 m gelblich-weisser Dolomitschiefer.
- 17. 10 m Grünschiefer: dunkelgrüner, massiger Biotit-Epidot-Albit-Amphibolith mit 45 % gewöhnlicher Hornblende, 15 % Epidot, 15 % Biotit, 15 % Feldspat (Albit-Oligoklas ?), 10 % Quarz und Rutil (u.d.M.).
- 16. 3,5 m weisser, sandiger Biotit-Muskowit-Kalkschiefer mit grünem Biotit.
- 15. 2,5 m weisser, sandiger Dolomit-Kalkschiefer mit viel Muskowit und Phlogopit.
- 14. 8 m grauer Biotit-Muskowit-Kalksandschiefer.
- 13. 7 m geschiefertes Konglomerat aus linsigen bis lagigen Dolomitkomponenten mit wenig sandiger Grundmasse und Glimmer auf den Schieferungsflächen.
- 12b. 1 m hellgrauer Dolomitmarmor.
 - 0,5 m grauer Kalkschiefer.
 - 0,5 m weiss-grau gebänderter Kalkmarmor.
- 12a. 2 m grauer, kalkig-sandiger Biotit-Muskowit-Serizitschiefer.
- 11. 13 m weisser, sandiger Biotit-Muskowit-Serizitschiefer, schwach feldspatführend (u.d.M.), mit weissen und grauen Dolomitlinsen.
- 11a. 0,5 m mächtige Lage von gelbem Dolomitmarmor in 11.
- 10. 11 m grauschwarzer Biotit-Serizit-Sandkalk.
- 9. 14 m groblagiger Biotit-Muskowit-Quarzitschiefer mit grauen Dolomitlinsen.
- 8. 3 m grauschwarzer, sandig-kalkiger Biotit-Serizitschiefer.
- 7. 17 m grauweißer, kalkiger Biotit-Muskowit-Quarzitschiefer, feldspatführend, wechsellagernd mit weissem, sandigem Kalkmarmor.
- 6. 17 m hellgrauer Biotit-Serizit-Sandkalkschiefer, reichlich feldspatführend (u.d.M.) mit vereinzelt gelben oder grauen Dolomitlinsen.
- 5. 15 m grauschwarzer, sandiger Granat-Biotit-Muskowitschiefer, schwach feldspatführend (u.d.M.).
- 4. 12 m grauschwarzer, sandiger Biotit-Muskowit-Kalkschiefer mit vereinzelt dm-mächtigen Lagen von hellgrauem Muskowit-Kalkmarmor und sandigem Biotit-Muskowitschiefer, reichlich feldspatführend (u.d.M.).
- 3. 6 m grauschwarzer, sandiger Serizitkalk.
- 2. 2 m grauweißer, sandiger Serizit-Kalkschiefer, reichlich feldspatführend (u.d.M.).
- 1. 5 m grauer, gebänderter Biotit-Muskowit-Kalkschiefer mit schwarzen, tonig-sandigen Linsen.

3920 m Beginn der letzten 63 m mit Totaleinbau bis zum Portal.

In diesem letzten Abschnitt führt der Stollen durch den oberen Rand einer Sackung, die weiter talwärts an Mächtigkeit beträchtlich zunimmt (vergl. Kapitel Quartär). Die Mächtigkeitsangaben beziehen sich nur auf die Länge des Stollenabschnittes, in dem das betreffende Gestein durchfahren wird. Auf Grund des Winkels zwischen der Stollenaxe und der Streichrichtung der Schichten müsste zur Ermittlung der effektiven Mächtigkeit ein Korrekturabzug von 20-25 % berücksichtigt werden.

4.122 Beschreibung der Aufschlüsse

Die gesamte Feldbachzone über unser Untersuchungsgebiet hinaus soll mit ihrer Vielfalt an Gesteinen und deren komplizierten tektonischen Lagerung Gegenstand eines späteren Berichtes sein. Die Abklärung der stratigraphischen und tektonischen Verhältnisse setzt eine genaue Detailkartierung voraus, für die unsere Kartierung im Massstab 1:10'000 ungeeignet ist. Die einzelnen unterschiedlich mächtigen Gesteinslagen wechseln oft im Meterbereich; sie sind im stark kuperten Gelände und infolge der unvollständigen Aufschlüsse im Streichen sehr schwierig zu verfolgen und zu korrelieren. Aus diesem Grund wurde mit der geologischen Aufnahme auf einer vergrösserten Luftphoto der Eidg. Landestopographie, Massstab 1:5000, begonnen und vorläufig auf den nähern Bereich des Stollens Binn beschränkt.

Die auf Grund der Oberflächenaufschlüsse zu erwartenden Gesteine wurden mit dem Stollen tatsächlich durchfahren. Die Mächtigkeit der Grünschiefer. Die Mächtigkeit der Grünschiefer beispielsweise und deren lokale Wiederholung in verschiedenen Lagen (vergl. PREISWERK, 1907) wurden bestätigt. Auf S. 18 schreibt PREISWERK: "Die Mächtigkeit der Grünschiefer vom Breithorn bis zu den Stahlgräten schwankt zwischen 1-15 Meter. An manchen Stellen trennt sich der sonst einheitliche Zug in mehrere Teillagen und Linsen." Im Stollen wurde der an der Oberfläche bei Kehlmatte aufgeschlossene, zweifache Grünschieferzug in drei Teillagen von 19 m, 2 m, 10 m durchfahren. An der Oberfläche nirgends aufgeschlossen ist dagegen der Grünschieferzug bei 3585 m, der ca. 160 m NW dem oben erwähnten Grünschiefervorkommen durchfahren wurde. Leider musste in diesem Stollenabschnitt Marciavanti-Vortrieb mit Totaleinbau angewendet werden, so dass lediglich nahe dem Kontakt ein Handstück geschlagen werden konnte und die Mächtigkeit ungewiss bleibt. Auf Grund der Länge des Totaleinbauabschnittes kann sie aber 13 m nicht übersteigen.

Da wir im weitem keine von BADER (1934) abweichenden Resultate gefunden haben, verweisen wir auf seine Beschreibung (S. 345) dieser Grünschiefervorkommen, die von ihm als "Feldbachzug" bezeichnet wurden.

Gegenüber der eintönigen graubraunen Abfolge von teils schwach tonigen, unterschiedlich sandig-kalkigen Gesteinen der Bündnerschiefer nördlich der Feldbachzone, treffen wir hier erstmals schwarze, tonig-sandige Schiefer. Am schönsten können wir diese schwarzen Schiefer bis Phyllite SW dem Gandhorn beobachten, wo sie einen steil nach S abfallenden Felszug aufbauen und gegen das Binnental bis hinunter nach Schinerngmach verfolgt werden können. Schmalere Lagen von ein bis mehrere Meter Mächtigkeit treten auf dem Rücken Binner-Galen - Kehlmatte längs dem Feldbach wiederholt auf und wurden auch im Stollen angeschnitten.

Vom hintersten Feldbach bis an die Binna sind verschiedene Gesteinszüge zu beobachten, die BADER (1934) entsprechend seinen Ausführungen auf S. 322 als "Orthogneise" einer Schuppe der Monte-Leone-Decke auffasst. Auf seinen geologischen Profilen (S. 322/323) bezeichnet er diese Gesteine als "Saure Orthogneise" und auf der geologischen Karte als "Mittelkörnige Alkalifeldspatgneise" unter der Rubrik "Orthogneise". Auf unsern Begehungen in der Feldbachzone konnten wir beobachten, dass dieser sog. "Orthogneis" in massiger und geschieferter Ausbildung auftritt, z.T. feinkörnig-mittelkörnig, z.T. aber auch grobkörnig. Im Streichen wie auch im Querprofil, beispielsweise beim Binner-Galen, lässt sich der Uebergang dieser "Gneisvarietäten" zu einem Dolomitzkonglomerat mit Lagen und Linsen aus Dolomit in einer Arkosegrundmasse verfolgen. Gelegentlich können auch kristalline Komponenten (Gneis, Granit) vorkommen (vergl. Fig. 25). Es handelt sich beim sog. "Orthogneis" tatsächlich um eine alpinmetamorphe Arkose, deren Bezeichnung als

"mittelkörniger Alkalifeldspatgneis" mineralogisch wohl zutrifft, gnetisch jedoch nicht als Orthogneis angesprochen werden darf.

Auf einer Wanderung durchs Binntal lässt sich diese Arkose (massige Varietät) wie auch das Konglomerat mit den Dolomitkomponenten an der Strasse 350 m westlich Giessen in einem kleinen Aufschluss am Ufer der Binna anschlagen (vergl. Fig. 26). Dieser Aufschluss liegt bereits ausserhalb unserem Untersuchungsgebiet und wird von GRAESER (1965) im Zusammenhang mit dem Dolomitvorkommen südlich der Strasse beschrieben.



Fig. 25. Dolomitische Arkose mit einzelnen Gneisbrocken (beim Hammerstiel). Anstehend: Binner-Galen in der Feldbachzone.



Fig. 26. Konglomerat aus lagigen und linsigen Dolomitkomponenten und vereinzelt Kristallinkomponenten in Arkosegrundmasse. Anstehend: zwischen Strasse und Binna 350 m westlich Giessen.

Am hintern Feldbach (nicht mehr kartiert) steht auf Kote 2440 m eine fast weisse, massige Arkose an, die mit der gotthardmassivischen Arkose (Fig. 4) grosse lithologische und mineralogische Aehnlichkeit aufweist. Wir kommen darauf noch im Abschnitt Stratigraphie und Gesteinsbeschreibung zu sprechen.

4.2 Stratigraphie und Gesteinsbeschreibung

Die nördlichen, sandig-kalkigen Bündnerschiefer mit der Grenztrias zum gotthardmassivischen Mesozoikum und die Gesteine der Feldbachzone werden getrennt beschrieben.

4.21 Grenztrias und die nördlichen, sandig-kalkigen Bündnerschiefer

4.211 Grenztrias

Kontakte zwischen der gotthardmassivischen Sedimentbedeckung und der Grenztrias zu den Bündnerschiefer sind an folgenden Orten aufgeschlossen: im Blinmental nahe der Talsohle auf der westlichen Seite, in der Kummhornregion bei Twäri, auf der linken Talseite im hintern und mittlern Rappental, in der Rappentalumbiegung verfolgbar bis zum Grat, in der Region Ausserbinn an verschiedenen Stellen und in der Binnaschlucht. Eine völlige Abscherung der triasischen Gesteine, wie es OBERHOLZER (1956, S. 383) aus dem Rappental beschreibt, wurde nie beobachtet. Als Liegendes der penninischen Grenztrias treten im ganzen Untersuchungsgebiet stets die schwarzen Schiefer der Serie der Termen-Tonschiefer auf. Die Mächtigkeit der Trias schwankt von 1-7 m, öfters sind die triasischen Gesteine mit Bündnerschiefer oder Tonschiefer der Serie der Termen-Tonschiefer verschuppt oder zusammengeschürft. Die folgenden triasischen Gesteine haben wir in der Grenztrias festgestellt: körniger Dolomit, Dolomitmarmor, dolomitischer Kalkmarmor, Kalkmarmor, Dolomitbrekzie, teils sandige Dolomitschiefer, selten Rauhwacke, met. Quartenschiefer und Quarzite.

Dünnschliffbeschreibungen

26.9.61/11. Gelber Dolomitmarmor

Mineralbestand: HG: Dolomit 99 %

UG: Quarz, Serizit (Phlogopit)

Die Struktur ist granoblastisch (Pflasterstruktur), die Textur massig. Die Dolomitkörner erreichen eine Grösse zwischen 0,015 - 0,05 mm. Serizitschüppchen (farbloser Phlogopit) treten selten auf.

R 92b. Weisses, grau-schwarz gefleckter Kalkmarmor aus grobkristallisiertem Kalzit.

Mineralbestand: HG: Kalzit 98 %

NG: Quarz 2 %

Die Struktur ist granoblastisch bis poikiloblastisch, die Textur massig. Bis 8 mm grosse, unregelmässig eckige Kalzitindividuen umschliessen vereinzelte, meist gerundete Quarzkörner. Die makroskopisch grau-schwarze Färbung einzelner Kalzite ist im Dünnschliff nicht erkennbar.

R 102. Dolomitbrekzie mit sandig-kalkiger Grundmasse

Mineralbestand: HG: Dolomit

NG: Kalzit, Quarz, Muskowit, Phlogopit

UG: Feldspat (Plagioklas), Erz

Der Dolomit als wichtigster Gemengteil tritt mit mikro- bis feinkörniger Mosaikstruktur in Linsen auf. Die durchschnittlich grösseren Kalzit- und Quarzkörner und die Glimmer bilden eine Art Grundmasse um die Dolomitlinsen oder erscheinen auch einzeln nesterartig angereichert (vor allem die Glimmer und der Quarz). Beim Glimmer handelt es sich auf Grund des konoskopischen Bildes (fast 1-axig negativ) grösstenteils um farblosen Phlogopit. Der Quarz zeigt stets undulöse Auslöschung. Feldspat (Oligoklas) ist sehr selten und meist polysynthetisch verzwilligt. Die parallel angeordneten, länglichen Dolomitlinsen (ohne Längung der einzelnen Körner) und die etwas eingeregelteren Glimmer lassen eine schwach schiefriige Textur erkennen.

4.212 Bündnerschiefer

BADER (1934) kartiert und beschreibt die Gesteine des Eggerhorn-Faulhorngebirgszuges als kalkig-sandige Bündnerschiefer, denen er als zweite lithologische Serie die tonig-sandigen Bündnerschiefer in der Feldbachzone gegenüberstellt. Auf Grund der Dünnschliffbefunde unterteilt BADER die kalkig-sandigen Bündnerschiefer in 8 Gesteinstypen, die er entsprechend dem Feldspatgehalt nach der petrographischen Nomenklatur "Gneise" nennt. Wor zitieren S. 366: "Es gibt folgende Gesteinstypen:

- Kalkquarzit mit Albit
- Kalk-Plagioklasgneis
- Muskowit-Kalk-Quarzit mit Klinozoisit
- Zweiglimmer-Kalk-Plagioklasgneis
- Epidot-Kalk-Plagioklasgneis mit Glimmer
- Kalkschiefer mit Glimmer
- Kalk-Plagioklasgneis mit Glimmer
- Sericit-Kalk-Epidot-Plagioklasgneis"

OBERHOLZER (1956) untersucht die Gesteine am Nordrand der Bedrettomulde lediglich zwecks Grenzziehung zwischen der gotthardmassivischen Sedimentbedeckung und den penninischen Bündnerschiefer. Er verweist hauptsächlich auf BADER (1934) und eine unveröffentlichte Arbeit von P. MEIER (1951). Wir zitieren OBERHOLZER auf S. 383:

"P. MEIER (1951), die den westlichsten Teil des untersuchten Gebietes bearbeitete, beschreibt die Gesteine dieser Serie als auffallend eintönig und vollständig ungeeignet für eine stratigraphische Aufteilung, da die einzelnen petrographisch unterscheidbaren Gesteinstypen sich in wechselnder Folge wiederholen, ohne dass durchgehend verfolgbare Horizonte zu beobachten wären. Die Einteilung bei P. MEIER bleibt gleich wie bei H. BADER."

Ausserhalb unserem Untersuchungsgebiet hat sich vor allem BURCKHARDT (1942) im Ostteil der Bedrettomulde eingehend mit den Bündnerschiefer befasst. Uns interessiert vor allem seine nördlichste Gesteinsgruppe, die er als Kalkglimmerschiefer kartiert hat und unsern nördlichen sandig-kalkigen Bündnerschiefer entsprechen dürften.

Vorkommen und Ausbildung

Die schwach tonigen, sandig-kalkigen Bündnerschiefer bauen den Gebirgszug vom Blinnenhorn im E über Faulhorn zum Eggerhorn im W auf. In der Feldbachzone sind auch Lagen von sandig-kalkigen Bündnerschiefer anzutreffen. Im S ausserhalb unseres Untersuchungsgebietes reichen sie, teils von tonigen Bündnerschiefer begleitet, bis zur Trias der Monte-Leone-Decke.

Auf einer Wanderung durch die Binnaschlucht (Twingi) können wir den lithologischen Charakter der sandig-kalkigen Bündnerschiefer am besten beobachten. Durch die metamorphe Differentiation und die nachträgliche Verwitterung kam eine Art Bankung von sandig-kalkigen Lagen mit feinen tonigeren Lagen zustande. Die härteren, widerstandsfähigeren Lagen bestehen aus Kalzit und Quarz, wobei der Kalzit im allgemeinen überwiegt. Die Mächtigkeit der einzelnen "Bänke" kann von cm bis zu einigen dm reichen. Die weichern und witterungsanfälligeren tonigen Lagen variieren zwischen Glimmerlagen auf der Schieferungsfläche bis zu cm-mächtigen tonigen Lagen, die nebst Glimmer weitere metamorphe Neubildungen enthalten. Die für die sandig-kalkigen Bündnerschiefer so typischen weissen Linsen und Schnüre aus Kalzit und Quarz fehlen nie, können jedoch in ihrer Häufigkeit und Mächtigkeit variieren. Eine Anzahl von Karbonatfärbungen hat ergeben, dass auch bei den weissen Schnüren und Linsen der Kalzit über den Quarz dominiert, wenn auch schwächer als bei den sandig-kalkigen La-

gen der Bündnerschiefer. Gerade bei den Linsen und Schnüren lässt sich die metamorphe Differentiation sehr schön nachweisen. Die grobkörnige Quarz- und Kalzitmasse wird stets von einer, meist schwarzen (reichlich Pigment), tonigen Ummantelung begleitet und dadurch vom umgrenzenden Gestein getrennt.

Die grosse Zahl von petrographischen Gesteinstypen von BADER (1934) stützt sich zur Hauptsache auf die mikroskopischen Befunde der tonigen Lagen mit ihrem unterschiedlichen alpinmetamorphen Mineralbestand. Die betreffenden Gesteinsnamen sind in vielen Fällen nur für die eigentliche Schlifflage charakteristisch und nicht für einen einigermaßen homogenen Gesteinskörper. Es wird damit auch verständlich, warum diese Bündnerschiefermasse trotz den vielfältigen mikroskopischen Befunden petrographisch nicht gegliedert werden konnte und kann. Beim vollständigen Fehlen von Fossilien können wir höchstens noch eine Zoneneinteilung auf Grund des wechselnden Metamorphosegrades und damit anderer Mineralneubildungen in den tonigen Lagen erwarten.

Dünnschliffbeschreibung

Da wir uns bei den einzelnen Dünnschliffbeschreibungen auf wenige repräsentative Beispiele beschränken müssen, seien hier vorerst die generellen mineralogischen Verhältnisse, wie wir sie in unsern Dünnschliffen vorgefunden haben, zusammengefasst. Zur Ergänzung verweisen wir auch auf die Ausführungen von BADER (1934, S. 366).

Als Hauptgemengteile treten Kalzit, Quarz und als ausschliesslich metamorphe Neubildungen Glimmer und Feldspat (Plagioklas) auf. Der Kalzit kann bis zu über 90 % beteiligt sein, Quarz erreicht 50 %. Statistisch kommen wir zum Ergebnis, dass der Kalzit der wichtigste Gemengteil ist, während BADER den Quarz nach seinen Schätzungen als überwiegend angibt.

Die Glimmer, Serizit-Muskowit und brauner bis selten braunroter Biotit, sind gelegentlich verteilt im Gestein anzutreffen; häufiger jedoch angereichert auf den Schieferungsflächen oder nesterartig in tonigen Lagen. Querbiotit ist sehr selten. Der Feldspat (Oligoklas bis Andesin) tritt fetzenartig und zwickelförmig verteilt, lagig angereichert und in siebartigen oder reinen Prophyroblasten von unregelmässiger bis ovaler Form auf. In sandig-kalkigen Lagen wird ausschliesslich die erstere Erscheinungsweise beobachtet. In tonigen Partien dagegen tritt der Feldspat in Form xenoblastischer Prophyroblasten oder lagig angereichert auf. In solchen Feldspatlagen können die einzelnen Individuen oft nur noch mit Gips Rot I unterschieden werden.

Als Nebengemengteile sind nebst Quarz und den Glimmer lediglich die Minerale der Epidotgruppe (Pistazit und Klinozoisit) zu erwähnen.

Als Uebergemengteile haben wir Pistazit, Klinozoisit, Pseudozoisit, Rutil, Titamit, Turmalin, Chlorit, Erz (worunter Ilmenit, Hämatit und Pyrit) festgestellt.

Gegenüber den Gesteinen des gotthardmassivischen Lias und auch gegenüber den tonig-sandigen Bündnerschiefer fällt das deutliche Zurücktreten von schwarzem Pigment auf. Im Wesentlichen reichert es sich in den tonigen Lagen an, während die sandig-kalkigen Partien nur wenige Pigmentspuren aufweisen.

Beispiele

R 160. (Fig. 27) Schwach sandiger Muskowit-Kalkschiefer, feldspatführend

Mineralbestand: HG: Kalzit 80 %, Quarz 5-10 %, Serizit-Muskowit 5 %

NG: Feldspat 3-4 %

UG: Rutil, Epidot, Turmalin, Pseudozoisit, Erz

Sehr wenig schwarzes Pigment

Der Kalzit bildet leicht gelängte, buchtige Körner von 0,3 - 0,5 mm Länge. Der Quarz ist über den ganzen Schliff in unterschiedlich grossen Körnern verteilt, die kleinern oft von Kalzitindividuen umschlossen. Der Serizit-Muskowit ist mehr oder weniger in der Schieferungsebene eingeregelt, aber verteilt und nicht in durchgehenden Schieferungsflächen. Der Feldspat (Plagioklas) enthält stets schwarzes Pigment und tritt in länglichen, fetzenartigen Individuen auf. Polysynthetische Verzwillingung kann gelegentlich beobachtet werden. Der farblose Epidot ist körnig ausgebildet und zeigt anomal blaue Interferenzfarbe. Die unregelmässigen Erzaggregate sind randlich in Fe-Hydroxyd umgewandelt. Sehr selten ist blättriger Pseudozoisit mit einzelnen Einschlüssen.

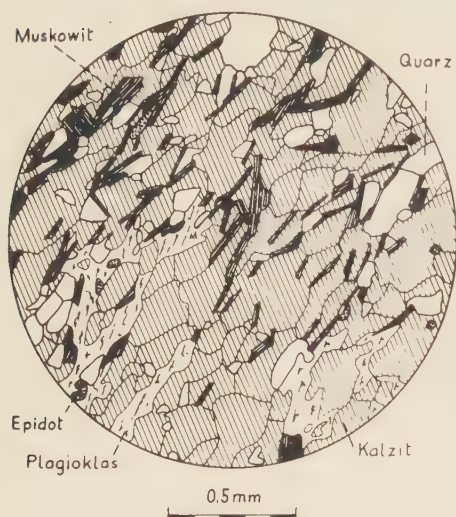


Fig. 27. (R 160) Kalkiger Typ der Bündnerschiefer: schwach sandiger Muskowit-Kalkschiefer mit zwickel- bis fetzenartigem Feldspat zwischen den Kalzitkörnern. Im Feldspat ist schwarzes Pigment angereichert.

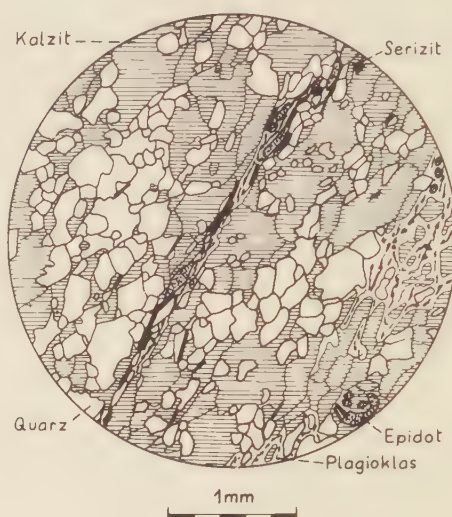


Fig. 28. (R 183) Kalkig-sandiger Typ der Bündnerschiefer: wenig serizitführender Kalksandschiefer mit zwickel- bis fetzenartig oder feinlagig auftretendem Feldspat. Das Epidot-Zoisit-Mineral konnte als β -Zoisit bestimmt werden.

R 183. (Fig. 28) Wenig serizitführender Kalksandschiefer, feldspatführend

Mineralbestand: HG: Quarz 45 %, Kalzit 40 %, Feldspat (Oligoklas-Andesin) 10 %

NG: Serizit 1-2 %, Epidot-Zoisit 1-2 %

UG: Titanit, Erz

Sehr wenig schwarzes Pigment

Kalzit und Quarz sind in unregelmässigen, buchtigen bis verzahnten Körnern ausgebildet, der Kalzit zudem deutlich gelängt. Gemeinsam oder einzeln treten beide Minerale nesterartig angereichert auf. Der Feldspat (Oligoklas-Andesin) ist in unregelmässigen und siebartigen Fetzen ausgebildet oder tritt in schmalen, länglichen Individuen zusammen mit Serizit und Epidot in den durchgehenden Schieferungsebenen auf. Der Feldspat weist stets Einschlüsse von schwarzem Pigment auf, während die übrigen Minerale praktisch pigmentfrei sind. Die Epidot-Zoisit-Gruppe ist durch blättrigen Pseudozoisit (β -Zoisit) und durch stengeligen und körnigen Epidot mit anomal blauer Interferenzfarbe vertreten. Der Titanit zeigt die bekannte Briefcouvertform und enthält schwarzes Pigment oder feinkörniges Erz (Ilmenit?).

R 131. Epidot-Biotit-Serizit-Kalkschiefer, feldspatführend

Mineralbestand: HG: Kalzit 70-75 %, Serizit 10 %, Biotit 5 %

NG: Quarz 4-5 %, Feldspat 4-5 %, Epidot 3-4 %, Ilmenit 1-2 %

Reichlich schwarzes Pigment

Feine 1-2 mm mächtige Wechsellagerung von Kalzit und Quarz mit Lagen aus Glimmer, Feldspat, Epidot, wenig Kalzit und Ilmenit. Quarz und Kalzit sind feinkörnig, letztere schwach gelängt ausgebildet. Biotit und Feldspat treten porphyroblastisch auf. Der rotbraune Biotit ist als Querbiotit leicht streifig (vergl. Kapitel Metamorphose) ausgebildet. Der siebartige Feldspat enthält zahlreiche Einschlüsse von Kalzit, Epidot und seltener Serizit. Epidot ist durch schwach pleochroitischen Pistazit und durch farblosen Klinozoisit mit anomal blauer Interferenzfarbe in Körner und Stengel vertreten. Ilmenit erscheint federartig in ovalen oder länglichen Nester angereichert (2,5 - 3,5 mm).

R 185. (Fig. 29) Epidot-Biotit-Serizit-Sandkalkschiefer, feldspatführend

Mineralbestand: HG: Kalzit 40-45 %, Quarz 35-40 %, Serizit-Muskowit 5-10 %

NG: Feldspat (Andesin) 4-5 %, Epidot 2-3 %, Biotit 2 %

UG: Titanit, Chlorit, Turmalin, Erz

Sehr wenig schwarzes Pigment

Schmale, mm-mächtige Wechsellagerung von Kalzit und Quarz mit Lagen aus Glimmer, Feldspat, Kalzit, Epidot, Titanit und wenig Quarz. Fig. 29 zeigt eine solche, ursprünglich tonige Lage mit metamorphen Neubildungen. Kalzit und Quarz sind als unregelmässig buchtige und verzahnte Körner von unterschiedlicher Grösse (0,04 - 1 mm) ausgebildet. Der stark gelängte Kalzit umschliesst oft kleine Quarzkörner. Die Glimmer treten vor allem nesterartig in tonigen Lagen und parallel geregelt auf. Der Biotit ist farblos bis hellbraun. Der Feldspat bildet längliche Porphyroblasten, gelegentlich mit polysynthetischer Verzwilligung. Die Auslöschungsschiefe (16-17°) entspricht einem Andesin mit ca. 32 % An-Gehalt (vergl. TRÖGER, S. 111). Der Epidot mit optisch positivem Charakter (Klinozoisit) ist körnig und langstengelig ausgebildet und weist anomal blaue Interferenzfarbe auf. Die bis 2 mm langen Titanitporphyroblasten sind z.T. deutlich pleochroitisch. Das schwarze Pigment durchzieht vor allem Epidot, Feldspat und Titanit und ist längs den Glimmerlagen angereichert.

R 142. (Fig. 30) Schwach sandiger Epidot-Biotit-Kalkschiefer, reichlich feldspatführend

Mineralbestand: HG: Kalzit 35-40 %, Feldspat 35-40 %, Biotit 8-10 %, Epidot 7 %

NG: Quarz 4-5 %, Serizit-Muskowit

UG: Rutil, Chlorit, Turmalin

Wenig schwarzes Pigment

Das Gestein wird charakterisiert durch eine Wechsellagerung von 0,3 - 7 mm mächtigen Lagen aus Kalzit, Quarz und wenig Serizit einerseits und Feldspat, Glimmer, Kalzit und Epidot andererseits. Fig. 30 zeigt eine feldspatreiche Lage. Kalzit und Quarz bilden eckige Körner von 0,2 - 0,5 mm. Der Kalzit umschliesst oft kleine Quarzkörner, in den feldspat- und glimmerreichen Lagen ist er zudem etwas gelängt. Der Feldspat (Oligoklas) mit häufiger polysynthetischer Verzwilligung bildet zusammen mit Glimmer durchgehende Lagen, in denen die einzelnen unregelmässigen und oft siebartigen Feldspatindividuen mit Gips Rot I erkannt werden können. Neben dem schwarzen Pigment, das sich vorzugsweise an die Feldspatlagen hält, sind als Einschlüsse vor allem zahlreiche Epidotkörner und -stengel zu beo-

bachten. Der Epidot (Klinozoisit) zeigt durchwegs anomal blaue Interferenzfarbe. Die Rutilkörner sind in einer Anordnung angereichert, die an die Briefcouvertform des Titanits erinnert. Titanit konnte nicht mehr festgestellt werden. Beim Glimmer dominiert der rotbraune Biotit in den Glimmer-Feldspatlagen, der Serizit (z.T. auch pleochroitisch) in den sandig-kalkigen Lagen.

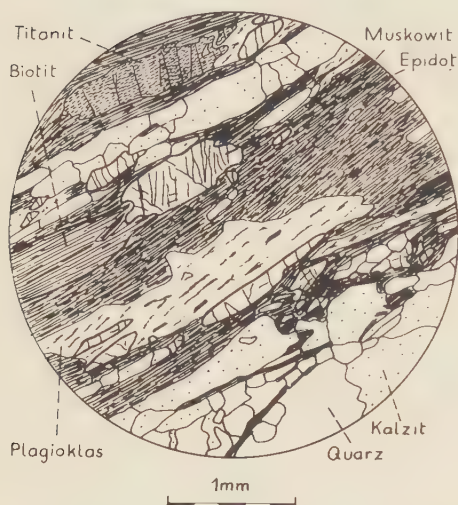


Fig. 29. (R 185) Tonig-sandig-kalkiger Typ der Bündnerschiefer: glimmerreiche Lage mit Feldspat (Andesin), reichlich Epidot und Titanit.



Fig. 30. (R 142) Tonig-sandig-kalkiger Typ der Bündnerschiefer: Feldspatlage (Oligoklas) mit Einschlüssen von angereicherten Rutilkörnern in erhaltener Titanitstruktur, Epidot, Kalzit, Glimmer.

4.22 Feldbachzone

Nach lithologischen Merkmalen können die Gesteine der Feldbachzone in 3 Hauptgruppen unterteilt werden: triasische Gesteine, sandig-kalkige und tonig-sandige Bündnerschiefer, Grünschiefer. Die verschiedenen triasischen Gesteine sind in unübersichtlicher Weise unter sich oder mit Bündnerschiefer verschuppt. Einzelne Gesteinszüge keilen aus oder treten nur in Linsen an verschiedenen Orten auf. Dies alles macht eine Deutung der normalstratigraphischen Abfolge nahezu unmöglich. Auch die Abgrenzung einzelner fraglicher triasischer Gesteine von den Bündnerschiefer ist im Feld wie auch in der mikroskopischen Untersuchung recht unsicher.

4.221 Trias

Die folgenden Gesteine zählen wir zur Trias: grauer und gelber Dolomitmarmor, weisser quarzitischer Kalkmarmor, grauer Dolomit-Kalkschiefer, weisser Dolomitschiefer, Kalk-Dolomitskonglomerat, weisser Quarzitschiefer, bräunlicher met. Quartenschiefer (F 34, F 27). Unsicher ist die stratigraphische Zuordnung für die massige und die geschieferte Arkose ("Orthogneise" von BADER, 1934), für die Uebergänge von geschieferter Arkose zu einem Konglomerat mit Dolomit- und z.T. auch Kristallinkomponenten in arkoseähnlicher Grundmasse (vergl. Fig. 25, 26 und 31, 32). Möglicherweise handelt es sich zumindest bei der reinen, massigen Arkose um ein permisches Verwitterungsprodukt. Die Vermutung eines permischen Alters hat E. NIGGLI (1962, S. 21) im Exkursionsbericht der Schweiz. Min. u. Petr. Ges. für das Dolomitskonglomerat west-

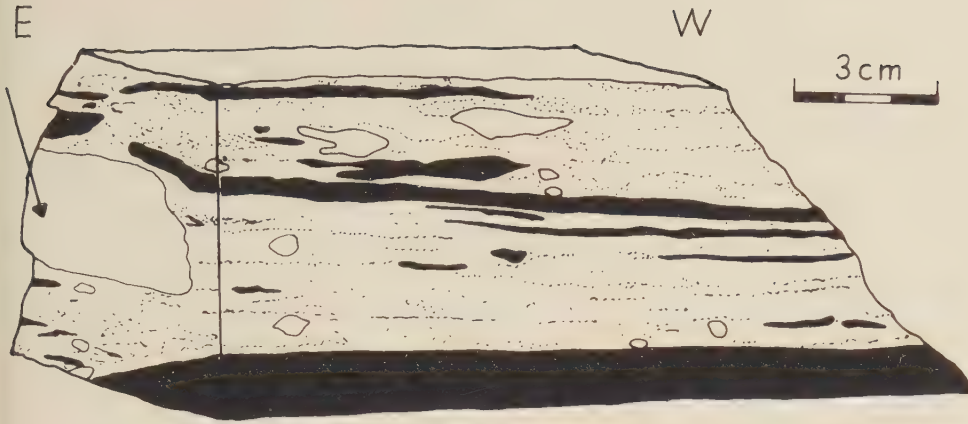


Fig. 31. (17.10.62/1) Dolomitkonglomerat mit linsig bis lagigen Dolomitkomponenten und einem (Pfeil) Gneisgeröll in arkoseähnlicher Grundmasse. Gefärbter Gesteinsanschliff (auf Dolomit) mit schwarz gezeichnetem Dolomit.

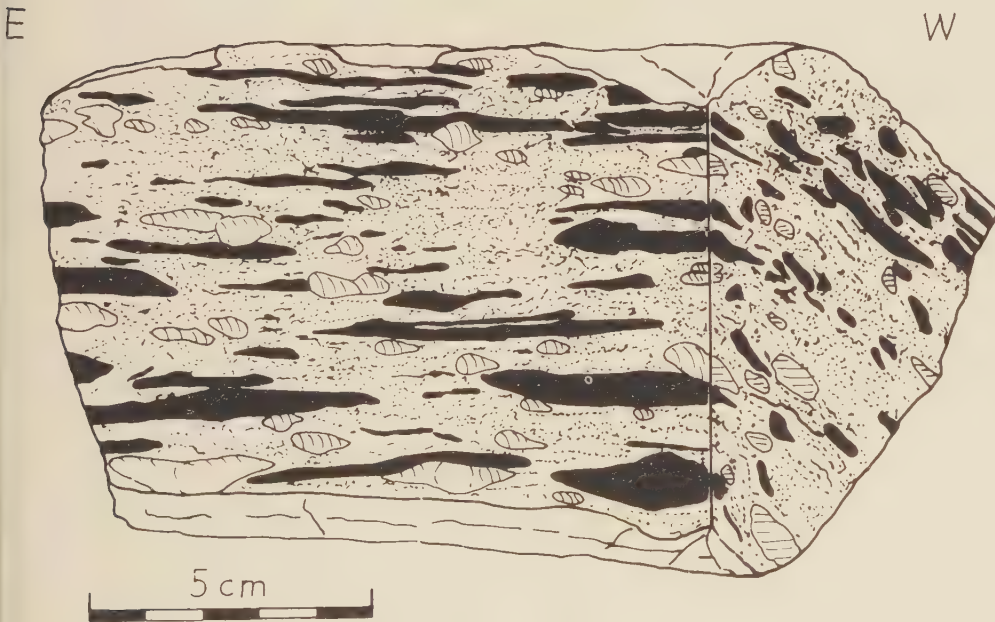


Fig. 32. (17.10.62/1a) Dolomitkonglomerat mit linsigen, feinkonglomeratischen Dolomitkomponenten und zahlreichen Quarzgeröllen. Gefärbter Gesteinsanschliff (auf Dolomit) mit schwarz gezeichnetem Dolomit (Komponenten und feinpunktiert in der Grundmasse).

lich Giessen an der Binna aufgestellt.

In der hintern Feldbachzone, den Feldbach auf Kote 2440 m traversierend, ist eine weisse, massige Arkose aufgeschlossen, die makroskopisch und mikroskopisch gute Uebereinstimmung mit der gotthardmassivischen Arkose (9.8.62/2) aus dem Rappental zeigt.

Ein weiteres Gestein, das ebenfalls nur in der Feldbachzone beobachtet werden kann, ist weiss, geschiefert und besteht aus wechselndem Kalzit-Quarzgehalt und braunem Biotit. Selten enthält dieser Schiefer kleine cm-mächtige Dolomitlinsen. Ein jüngerer als triasisches Alter wäre nicht ausgeschlossen.

Eine Anzahl von Dolomitgesteinen und Dolomitkomponenten aus dem Konglomerat wurde chemisch auf den Kalzit-Dolomitanteil untersucht; die Resultate sind auf der Tabelle I, S. 28 zusammengestellt.

Die verschiedenen dolomitischen, kalkigen und quarzitischen Gesteine unterscheiden sich kaum von den entsprechenden Gesteinstypen der gotthardmassivischen Trias. Wir beschränken uns deshalb auf die Beschreibung der neu auftretenden Gesteine an einigen repräsentativen Beispielen.

Dünnschliffbeschreibungen

31.8.63/3. (Fig. 33) Hellgraue, schwach geschieferte Arkose mit viel Glimmer

Mineralbestand: HG: Quarz 35-40 %, Na-K-Feldspat 35-40 %, Plagioklas 10-15 %
NG: Muskowit 3-4 %, Biotit 3-4 %
UG: Apatit, Chlorit, Erz

Der Quarz ist eckig, unregelmässig verzahnt und weist Spuren schwacher Katakklase auf. Die Na-K-Feldspäte sind häufig schwach bis deutlich perthitisch entmischt und stets leicht bräunlich bestäubt ("Kaolin"). Die selteneren Na-K-Feldspäte mit deutlicher Mikroklingitterung zeigen nie perthitische Entmischung. Der Plagioklas ist sehr oft polysynthetisch verzwillingt. Die Auslöschungsschiefe variiert zwischen 6-8°, selten bis 10°. Wahrscheinlich handelt es sich um Albit-Oligoklas mit 10-15 % An, der damit in die sog. Peristeritlücke fällt. WENK (1962, S. 146) erwähnt häufiges Auftreten von Peristeriten mit 8-17 % An u.a. in mikroklinreichen Gneisen im Tessin. Serizitisierung wird nur bei Plagioklasen ohne polysynthetische Verzwillingung beobachtet. Vielleicht haben wir es mit zwei Generationen zu tun, wobei die erst beschriebene alpin neugebildet und die andere reliktsch erhalten geblieben wären. Na-K-Feldspat und Plagioklas können porphyroklastische Grössen bis zu 3 mm erreichen. Muskowit, brauner Biotit und wenig Chlorit reichern sich in dünnen, nicht durchgehenden, subparallelen Lagen an (schwach ausgebildete Schieferung). Die eckigen bis runden Apatitkörner erreichen eine Grösse von 0,25 mm. Das Erz zeigt rote Fe-Hydroxydumwandlung.

12.10.62/12. (Fig. 34) Weisse, massige Arkose

Mineralbestand: HG: Quarz 65 %, Na-K-Feldspat 30 %
NG: Serizit 4-5 %
UG: Apatit, Epidot, Erz

Die Struktur ist blastopsammitisch, die Textur massig. Die Grundmasse besteht aus Quarz und Serizit, worin Na-K-Feldspat oft deutlich porphyroklastisch (bis 2,5 mm) auftritt. Die Quarzkörner von unterschiedlicher Grösse (0,05 - 0,5 mm) sind buchtig und unregelmässig verzahnt und zeigen Spuren von Katakklase (zerbrochene Körner und undulöse Auslöschung). Die Na-K-Feldspäte zeigen perthitische Entmischung, sind bräunlich bestäubt ("Kaolin") und deuten nur selten eine schwache Mikroklingitterung an.

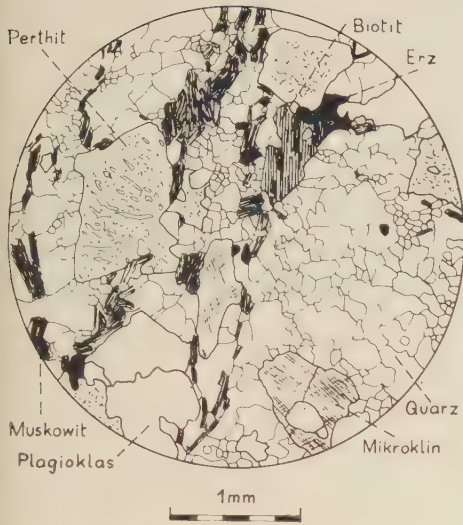


Fig. 33. (31.8.63/3) Schwach geschieferte Arkose mit reichlich Glimmer (sog. "Orthogneis"). Deutliche Mikroklingitterung der Mikrokline ist häufig. Anstehend: Binner-Galen in der Feldbachzone.

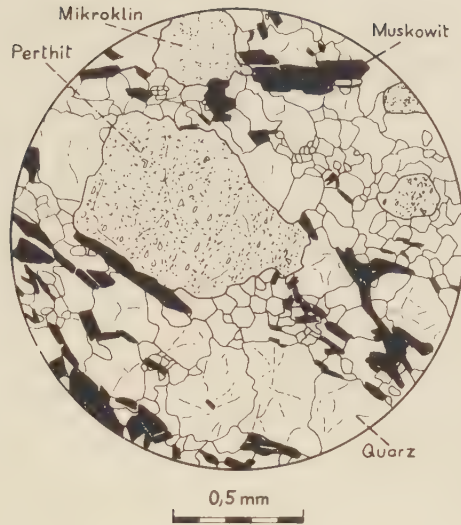


Fig. 34. (12.10.62/12) Weisse, massige Arkose ohne makroskopische Paralleltextur. Undeutliche Mikroklingitterung der Mikrokline. Anstehend: am Feldbach auf Kote 2440 m.

F 27. (Fig. 35) Graubrauner Epidot-Zoisit-Glimmerschiefer, feldspatführend (met. Quartenschiefer)

Mineralbestand: HG: Quarz 40 %, Serizit-Muskowit 15-20 %, Pseudozoisit 15-20 %, Kalzit 5-10 %, Biotit 5 %
 NG: Feldspat 3-4 %, Epidot, Rutil, Erz
 UG: Titanit, Turmalin, Chlorit

In der Grundmasse aus eckigen Quarzkörner und Serizit-Muskowit treten porphyroblastisch Pseudozoisit (β -Zoisit), Biotit, Kalzit, Feldspat und vereinzelt Titanit mit Rutil auf. Der Pseudozoisit ist blättrig mit Einschlüssen ausgebildet, seltener körnig. Oft sind Verwachsungen mit Epidot zu beobachten. Bei den Glimmer überwiegt lagig angereicherter Serizit-Muskowit. Der braune Biotit ist regellos verteilt. Das Karbonatmineral (Kalzit ?) erscheint meist in Rhomboederquerschnitten und zeigt immer Fe-Hydroxydummantelung und -umwandlung längs den Spaltrissen. Die grossen xenoblastischen Feldspäte (bis 2 mm) sind selten polysynthetisch verzwilligt. Aus der Lichtbrechung geschlossen, handelt es sich um Oligoklas-Andesin. Ein seltenes Phänomen zeigen Titanit und Rutil. Die Rutilkörner sind briefcouvertförmig um einen Titanitkern angeordnet. Wir glauben dies als Umwandlung von Titanit in Rutil interpretieren zu dürfen. Die gleiche Erscheinung haben wir auch in andern Dünnschliffen beobachtet. Der körnige Epidot ist farblos und weist anomal blaue Interferenzfarbe auf. Das in grossen, länglichen Individuen auftretende Erz ist nahezu vollständig in rotes Fe-Hydroxyd umgewandelt.

17.10.62/1a. (Fig. 36) Konglomerat aus linsigen Dolomitkomponenten in dolomitischer Arkosegrundmasse

Mineralbestand: HG: Quarz 40 %, Na-K-Feldspat 35 %, Plagioklas 10-15 %, Glimmer 5-10 %
 NG: Karbonat (Kalzit und Dolomit) 2-3 %
 UG: Apatit, Erz

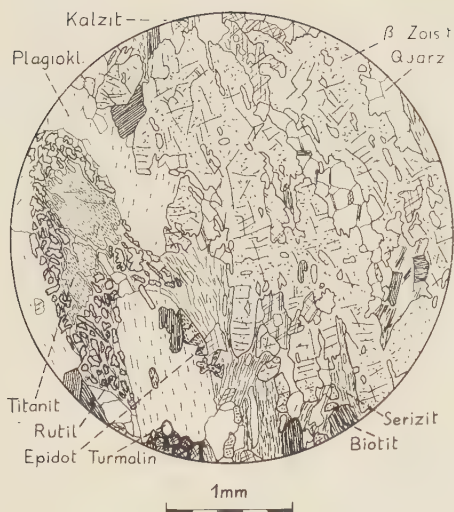


Fig. 35. (F 27) Epidot-Zoisit-Glimmerschiefer, feldspatführend (met. Quartenschiefer). Ausschnitt mit viel β -Zoisit. Links sind die zwei briefcouvertförmigen Rutilagglomerationen um je einen Titanitkern zu beachten.

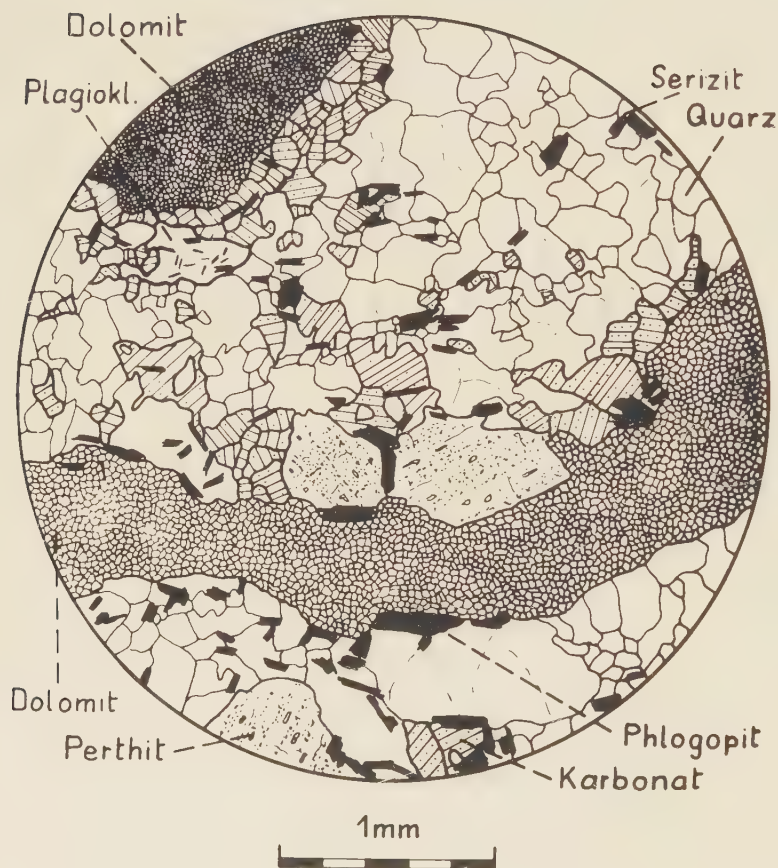


Fig. 36. (17.10.62/1a) Konglomerat aus linsigen Dolomitkomponenten (fein- bis mikrokörnig) in dolomitischer Arkosegrundmasse. Anstehend: zwischen Strasse und Binna 350 m westlich Giessen im Binntal.

Der aufgeführte Mineralbestand bezieht sich ausschliesslich auf die mineralogische Zusammensetzung der Grundmasse. Der Anteil der Dolomitkomponenten wird nicht berücksichtigt, da dieser von der Schlifflage innerhalb einem Handstück abhängt und daher 0 % wie auch 100 % betragen könnte. Der makroskopische Anteil der Dolomitgerölle (?) am Gestein schwankt schätzungsweise zwischen 10 - 80 %.

Die Arkosegrundmasse unterscheidet sich kaum von einer dolomitfreien Arkose. Die perthitische Entmischung der Na-K-Feldspäte ist vielleicht etwas stärker und die Mikroklingitterung wird noch seltener beobachtet. Die polysynthetisch verzwillingten Plagioklase sind nicht oder nur wenig serizitisiert, die unverzwillingten weisen stets Seriziteinschlüsse auf. Die Glimmerschüppchen wurden im Körnerpräparat auf die optischen Eigenschaften untersucht. Die Vermutung, dass es sich beim farblosen Glimmer um Muskowit (2-axig negativ, Axenwinkel um 45°) und beim farblos bis hellbräunlichen um Phlogopit (fast 1-axig, Axenwinkel gegen 0°) handelt, konnte bestätigt werden. Auffällig ist das selektive Auftreten von Phlogopit. Er erscheint fast ausschliesslich als Begleitmineral längs den Dolomitkomponenten und in deren nächsten Umgebung. Damit wird die chemische Abhängigkeit bezüglich Magnesium sehr schön demonstriert.

Die Dolomitkomponenten erwecken makroskopisch einen ausgewalzten, flachgedrückten Eindruck. Eine zu erwartende, entsprechende Längung der Dolomitkörner wurde jedoch nicht festgestellt. Die Dolomitkomponenten zeigen u.d.M. eine mikro- bis feinkörnige Pflasterstruktur und eine völlig massige Textur. Die grössere mechanische Widerstandsfähigkeit des Dolomits gegenüber dem Kalzit scheint damit bestätigt zu werden. Die flache, linsig-lagige Form der Dolomitkomponenten führen wir jedoch nicht allein auf eine gewisse, mögliche Auswalzung zurück, sondern nehmen vielmehr auch eine primär flaserige Sedimentstruktur an.

4.222 Bündnerschiefer

In Ziff. 4.11 haben wir gesehen, dass südlich anschliessend an die gotthardmassivische Sedimentbedeckung eine über 2 km mächtige Abfolge von monotonen, grauen, teils schwach tonigen, wechselnd sandig-kalkigen Bündnerschiefer auftritt. In der hiezu südlich anschliessenden Feldbachzone sind erstmals schwarze, tonig-sandige bis phyllitische Schiefer zu finden.

Die tonig-sandigen Bündnerschiefer

Die tonig-sandigen Bündnerschiefer treten stets südlich der Grünschiefer auf, wechsellagernd mit kalkig-sandigen und sandig-kalkigen Bündnerschiefer und triasischen Gesteinen. Die Mächtigkeit übersteigt nie 15-20 m und beträgt oft nur einige m. BADER (1934) beschreibt diese Gesteine als "tonigsandige Bündnerschiefer" lediglich aus der hintersten Feldbachzone und aus dem hintern Binntal zwischen der Alp Freiche und der Alp Steinhütten. Wir konnten die schwarzen Schiefer in der Feldbachzone auch südwestlich dem Gandhorn bis in die Kehlmatte und die Alp Schinerngmach ob dem Dorf Feld verfolgen.

BADER (1934, S. 366-368) gibt einen Ueberblick der mineralogischen Zusammensetzung dieser schwarzen, wechselnd sandigeren oder tonigeren Schiefer. Entsprechend dem Mineralbestand unterscheidet er 10 Gesteinstypen, die er auf der petrographischen Karte jedoch nicht ausscheidet. Wir zitieren auf S. 368:

"Es gibt folgende Gesteinstypen:

- Biotit-Sericit-Granat-Plagioklasgneis mit Klinozoisit und Kohle
- Granat-Muskowitschiefer mit Kohle und Biotit
- Glimmerschiefer mit Kohle und Turmalin
- Granat-Biotit-Epidotschiefer mit Sericit und Kohle

Granat-Sericitschiefer mit Staurolith, Kohle und Turmalin

Sericitschiefer

Sericit-Biotit-Granat-Staurolithschiefer mit Klinozoisit und Turmalin

Granat-Biotit-Sericitschiefer mit Turmalin

Zweiglimmer-Plagioklasgneis mit Hornblende und Klinozoisit

Zweiglimmer-Plagioklasgneis mit Epidot und Granat

Sericit-Biotit-Plagioklasgneis mit Calcit, Granat, Hornblende und Klinozoisit "

Das Untersuchungsgebiet von BADER reicht wesentlich weiter nach S und SE (bis zum Kristallin der Monte-Leone-Decke) als unser Gebiet. Auf Grund des zunehmenden Metamorphosegrades gegen SE (vergl. Kapitel Metamorphose) und dem damit verbundenen Auftreten höher metamorpher Neubildungen ist der von BADER beschriebene Mineralbestand reichhaltiger als die unserm nördlicheren Untersuchungsgebiet entsprechenden mineralogischen Verhältnisse. Auf Vergleichsbegehungen in der Region Lärcheltini im hinteren Binnthal haben wir verschiedene von BADER beschriebene Gesteinstypen angeschlagen. Wir erwähnen hier nur einen Hornblende-Granat-Glimmerschiefer mit schönen Hornblendegarben, wie sie in unserm ganzen Untersuchungsgebiet nie vorkommen. In einem Dünnschliff dieses Gesteins ist der Feldspat mit einer Auslöschungsschiefe von 25° (polysynthetische Verzwilligung) als basischer Andesin wesentlich basischer als die Feldspäte in unserer Region.

Dünnschliffbeschreibung

Die mineralogischen Verhältnisse auf Grund unsererer Dünnschliffe lassen sich wie folgt charakterisieren: Die feinschiefrigen, glimmerreichen Gesteine führen als Hauptgemengteile Quarz (20-70 %), Serizit-Muskowit (10-50 %), Biotit (3-25 %) und Granat (3-15 %). Als Nebengemengteile treten neben den oben genannten Minerale noch Feldspat, Erz (u.a. Ilmenit), Rutil und Chlorit auf. Ausschliesslich als Uebergemengteile haben wir Turmalin und Apatit festgestellt. Schwarzes Pigment, von BADER als "Kohle" bezeichnet, ist stets reichlich vorhanden. Die von BADER aufgeführten Minerale Staurolith, Epidot, Hornblende und Kalzit haben wir nie beobachten können.

Quarz ist meist eckig, seltener buchtig und verzahnt ausgebildet. Eine deutliche Längung ist nur in den phyllitischen Schiefer und in Glimmerlagen der sandigeren Schiefer zu beobachten. Die Korngrösse schwankt um 0,08 - 0,2 mm, seltener um 0,03 - 0,5 mm. Undulöse Auslöschung ist häufig. Die Glimmer, Serizit-Muskowit und brauner Biotit, bilden deutlich ausgeprägte Lagen, z.T. auch Nester oder sind unregelmässig und unregelmässig verteilt. Letzteres kann vor allem beim Biotit (Querbiotit) vorkommen. Serizit-Muskowit ist feinschuppig, selten filzartig ausgebildet. Die braunen Biotitblättchen erreichen eine Länge von 0,3 - 0,5 mm, vereinzelte Individuen zeigen eine "Streifung", wie sie im Kapitel Metamorphose beschrieben wird. Einschlüsse von Zirkon fehlen vollständig. In keinem einzigen Dünnschliff fehlen Granatporphyroblasten, obschon die kleinern Individuen makroskopisch leicht übersehen werden können. Die Korngrösse der rhombendodekaedrischen Granatidioblasten schwankt zwischen 0,3 - 1,5 mm. Im Feld haben wir Granate bis zu 1 cm Durchmesser in phyllitischen Schiefer gemessen. Die Farbe im Handstück ist nahezu schwarz, im Dünnschliff farblos. In verschiedenen Schliffen sind die Granate deutlich gedreht, wobei sie mehr Einschlüsse von Quarz, Rutil, Serizit, Erz und schwarzem Pigment enthalten als die nicht gedrehten Granate. In letzteren kann gelegentlich ein pigmentfreier Kern und eine randliche Anreicherung des Pigmentes beobachtet werden (vergl. Fig. 39). Zwischen Korngrösse und Zahl der Einschlüsse scheint ein Zusammenhang zu bestehen. Je grösser die Körner sind, desto ausgeprägter wird die Siebstruktur mit den Einschlüssen (vergl. Fig. 37). Der Feldspat ist ausschliesslich an die Glimmerlagen gebunden und wird bei der gelegentlichen Feinfältelung innerhalb der Glimmerlage mitgedreht. Der fetzenartig bis länglich oval ausgebildete Feldspat (Fig. 39) erreicht kaum je porphyroblastische Grösse, zeigt meist zahlreiche Einschlüsse und ist gele-

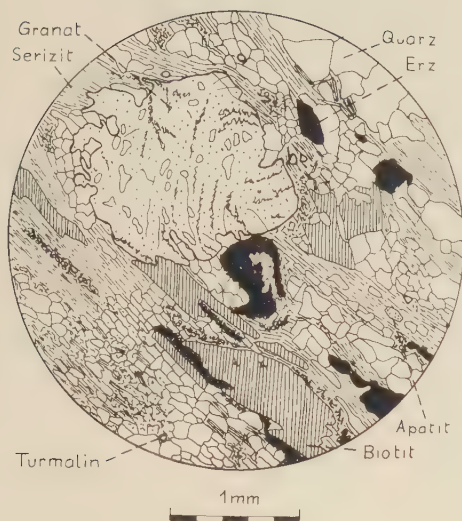


Fig. 37. (F 5) Tonig-sandiger Typ der Bündnerschiefer: Granat-Biotit-Serizit-Quarzitschiefer mit gedrehtem Granat.

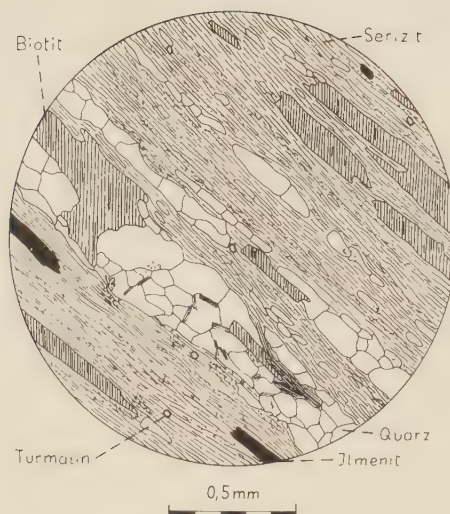


Fig. 38. (12.9.64/1) Tonig-sandiger Typ der Bündnerschiefer: sandiger, lagiger Biotit-Serizitschiefer (im Handstück mit Granat).

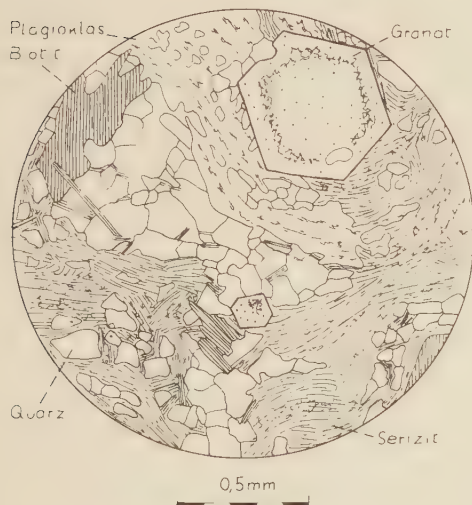


Fig. 39. (12.9.64/4) Tonig-sandiger Typ der Bündnerschiefer: sandiger, feldspatführender Granat-Biotit-Serizitschiefer.

gentlich polysynthetisch verzwillingt. Die Auslöschungsschiefe wurde mit $17-18^{\circ}$ (saurer Andesin) gemessen. Rote Fe-Hydroxydumwandlung ist beim opaken Erz häufig. Die Ilmenitplättchen sind oft randlich in Rutil umgewandelt, der in keinem Schliff fehlt. Chloritblättchen sind sehr selten und nur in den Quarzlagen anzutreffen. Olivgrüner, zonar gefärbter Turmalin ist manchmal nesterartig mit 6 - 12 Individuen angereichert. Die Struktur dieser Schiefer ist stets porphyroblastisch bis poikiloblastisch mit lepido-granoblastischer Grundmasse. Die Textur ist schiefbrig, meist lagig und oft feingefältelt.

4.223 Grünschiefer

Eine gründliche Untersuchung erfuhren die Grünschiefer unseres Untersuchungsgebietes durch PREISWERK (1907, S. 17-20) im Rahmen seiner Arbeit über "Die Grünschiefer in Jura und Trias des Simplongebietes". Später beschreibt BADER (1934, S. 345-346) die von ihm als Feldbachzug bezeichneten Grünschiefer, die sich im Untersuchungsgebiet von Binn (unterhalb dem Hotel an der Binna) über den Grat ob Kehlmatte in die Feldbachzone und weiter gegen E verfolgen lassen. Da wir keine wesentlichen, von PREISWERK oder BADER abweichenden Beobachtungen oder Resultate anführen können,

begnügen wir uns mit dem Hinweis auf die oben zitierten Arbeiten und auf die Dünnschliffbeschreibung zweier makroskopisch verschiedenen und repräsentativen Grünschieferarten.

Dünnschliffbeschreibungen

F 19a. Grüner Albit-Hornblendeschiefer

Mineralbestand: HG: gemeine Hornblende 80 %, Feldspat, Quarz
NG: Rutil, Epidot
UG: Erz

Die Struktur ist nemato-diablastisch und schwach porphyroblastisch, die Textur leicht schiefzig. Die parallel ihrer Längsrichtung eingeregelter Hornblendenadeln und -körner sind gleichmässig und dicht in der hellen Grundmasse aus Feldspat und Quarz verteilt. Die Hornblende zeigt folgende optische Eigenschaften:

Pleochroismus: X = blaugrün bis hellblau
Y = grün bis olivgrün
Z = hellbraun

Die Auslöschungsschiefe $Z \wedge c$: 16°

Der Feldspat (Albit-Oligoklas) enthält zahlreiche und feine Einschlüsse (von Hornblende und Epidot ?), Verzwillingung wurde nicht beobachtet. Die Rutilkörner treten einzeln und gelegentlich angereichert auf. Der Epidot ist durch farblose Körner und kurze Stengel vertreten, letztere mit anomal blauer Interferenzfarbe. Das Erz ist weitgehend in rotes Fe-Hydroxyd umgewandelt.

F 17. Dunkelgrüner Biotit-Epidot-Amphibolit, reichlich feldspatführend

Mineralbestand: HG: gemeine Hornblende 45-50 %, Epidot 15 %, Biotit 15 %, Feldspat 15 %
NG: Quarz
UG: Rutil

Die Struktur ist lepido-grano-nematoblastisch und porphyroblastisch, die Textur massig bis leicht paralleltexturiert. Feldspat und Quarz bilden wieder eine Art helle Grundmasse. Einzelne Hornblendestengel und Biotite deuten eine schwache Schieferung an. Die optischen Eigenschaften der körnigen und stengeligen Hornblende sind die gleichen wie bei F 19a. Nur die Auslöschungsschiefe $Z \wedge c$ ist mit $16-18^\circ$ etwas grösser. Die hellbraunen bis olivbraunen Biotitporphyroblasten enthalten gelegentlich Einschlüsse von Hornblende, Epidot und Rutil. Der Feldspat ist selten polysynthetisch verzwillingt. Der Epidot (Pistazit) ist farblos und zeigt immer normale Interferenzfarben.

4.3 Tektonik

Das tektonische Bild der nördlichen Bedrettomulde in unserm Untersuchungsgebiet wird beherrscht durch die stets steilstehenden Schichten der Bündnerschiefer wie auch der Grünschiefer und triasischen Gesteine in der Feldbachzone. Das Streichen und Fallen der Schichten wurde durchschnittlich mit $N 60-75^\circ E / 60-90^\circ S$ gemessen. Hinweise auf Grossfalten haben wir nie beobachten können. Von SCHMIDT (1908) wird die Bedrettomulde als eine von oben unter die von Süden her überschobenen Gneisgewölbekerne eintauchende Mulde beschrieben. Auf Grund unserer Feldbeobachtungen in einem allerdings eng begrenzten Gebiet glauben wir nicht, dass die Bedrettomulde eigentlichen Muldencharakter aufweist. Eine möglicherweise isoklinale Verschuppung (Feldbachzone als schuppentrennendes Element), wie wir sie im gotthardmassivischen

Sedimentmantel im Nufenengebiet beobachten können (EICHENBERGER, 1924), erscheint uns wahrscheinlicher. Im Gegensatz zu der zitierten Auffassung von SCHMIDT möchten wir uns die tektonische Herkunft dieser Bündnerschiefer eher als von unten emporgeschoben erklären. Die schmale Triaszone zwischen dem gotthardmassivischen Sedimentmantel und den Bündnerschiefer betrachten wir trotz gelegentlicher Verschuppung mit Elementen der Bündnerschiefer wie auch der liasischen Serie der Termen-Tonschiefer als mitgeschürfte, penninische Trias. Als Argument ist die Beobachtung anzuführen, dass die Grenztrias vorwiegend aus massigen Marmoren, Dolomitbrekzien und Dolomitschiefer aufgebaut wird, während die schuppentrennenden Triaszüge innerhalb des gotthardmassivischen Lias in der Regel aus andern Gesteinen, d.h. vorwiegend aus met. Quartenschiefer zusammengesetzt sind. Leider haben wir an keiner Stelle eine sichere Diskordanz vorgefunden, wie dies beim verschürften Charakter der Trias und den überprägenden Wirkungen der Metamorphose auch kaum erwartet werden konnte. Die Bezeichnung "Bedrettomulde" wollen wir jedoch weiterhin beibehalten, da sich diese in der Literatur eingebürgert hat.

Im Folgenden seien noch einige Bemerkungen zu der "Tektonischen Skizze der Tessineralpen" (in STAUB, 1958) festgehalten. Im Bereich unseres westlichen Untersuchungsgebietes liegt nach STAUB auf dem Kristallin des Gotthardmassivs direkt das "Mesozoikum des Lucomagno- und Verampio-Systems", weil er die gotthardmassivische Sedimentbedeckung in der Region Blinmental-Kummenhorn auskeilen lässt. Unsere Untersuchungen haben jedoch eindeutig ergeben, dass es sich bei dem sog. "Mesozoikum des Lucomagno- und Verampio-Systems" um die westliche Fortsetzung der gotthardmassivischen Sedimentbedeckung handelt.

Die Bedrettomulde unterteilt STAUB in eine nördliche Zone, bestehend aus dem "Mesozoikum der Antigorio-Decke", und eine südliche Zone, bestehend aus dem "Mesozoikum des Lebendun/Leone-Systems". Die Grenze zwischen diesen beiden Zonen würde ungefähr von der Binnaschlucht über das Eggerhorn, dem Grat zum Blinnenhorn entlang streichen, doch konnten wir im Feld weder eine lithologische noch eine tektonische Absonderlichkeit feststellen, die eine solche Grenze rechtfertigen würde.

Im Binntal, gegenüber dem Weiler Giessen und längs dem Feldbach, zeichnet STAUB kristalline Linsen der Lebendun-Decke ein. Irgendwelche Anzeichen für das Vorhandensein der Linse gegenüber Giessen haben wir nie beobachtet. Die zweite Linse in der Nähe des Feldbaches bezieht sich vermutlich auf eine Literaturangabe von BADER, auf die wir jetzt zu sprechen kommen.

BADER (1934) hat die Feldbachzone mit den Grünschiefer, triasischen Gesteinen und den vermeintlichen "Orthogneisen" als Fortsetzung einer Schuppe der Monte-Leone-Decke aufgefasst. Diese Schuppe wäre beim Erizhorn im W noch mit der Decke verbunden, weiter im E in unserm Untersuchungsgebiet wahrscheinlich ganz abgeschürft. Als ein gesondertes tektonisches Element würde diese Schuppe die von SCHMIDT (1908, S. 40) westlich des Binntales beschriebene Eistenmulde (Teilmulde) von der Bedrettomulde (Hauptmulde) trennen. Dieser tektonischen Interpretation von BADER können wir auf Grund unserer Beobachtungen nur teilweise zustimmen. Nachdem wir wissen, dass der sog. "Orthogneis" als alpinmetamorphe Arkose angesprochen werden muss, ist die Verbindung der Feldbachzone mit der Monte-Leone-Decke via Gneiszug beim Erizhorn höchst fraglich geworden.

4.4 Zur Unterscheidung der Bündnerschiefer von den Gesteinen des gotthardmassivischen Lias

Im Untersuchungsgebiet haben wir an der Grenze gegen die Bündnerschiefer stets die unverkennbaren schwarzen met. Tonschiefer der Serie der Termen-Tonschiefer

im Liegenden der geringmächtigen Grenztrias. Damit lässt sich im Feld eine sichere Trennung durchführen. Im Handstück könnten höchstens einige Vertreter der Serie der Termen-Kalkschiefer mit Bündnerschiefer verwechselt werden. Alle übrigen liasischen Gesteinsserien weisen untrügliche lithologische Merkmale auf, die im Kapitel Stratigraphie und Gesteinsbeschreibung ausführlich beschrieben sind.

P. MEIER & W.K. NABHOLZ (1949) erwähnen u.a. den höhern Grad der Metamorphose bei den Bündnerschiefer. Dies trifft lokal in einem N-S Querprofil zu. Die Metamorphose hält sich jedoch in unserm Untersuchungsgebiet nicht an die tektonischen oder stratigraphischen Linien und Grenzen. Der Isograd für Oligoklas schneidet beispielsweise die gotthardmassivischen Sedimente und die Bündnerschiefer spitzwinklig (vergl. WENK, 1962).

Mit einiger Felderfahrung lassen sich ohne Zweifel die Bündnerschiefer auch von den Gesteinen der Serie der Termen-Kalkschiefer unterscheiden. Im allgemeinen ist die metamorphe Differentiation (im Zusammenhang mit der gegen NE zunehmenden Metamorphose) in den Bündnerschiefer makroskopisch viel deutlicher ausgebildet. Sie hat eine scheinbare Bankung der härteren, sandig-kalkigen Lagen gegenüber den mm bis cm mächtigen tonigen Lagen bewirkt.

Während wir für das Alter der gotthardmassivischen Sedimentbedeckung eindeutige Kriterien (z.T. Leitfossilien) besitzen, ist das Alter der Bündnerschiefer vorläufig umstritten. TRÜMPY (1960) datiert beispielsweise die nordpenninischen Bündnerschiefer des "Valais facies belt" mit den Ophiolithen als Unterkreide, ev. auch Jura, wobei er diese Gesteine nicht mehr als Bündnerschiefer, sondern als "Pre-Flysch" bezeichnet.

5. METAMORPHOSE

Wir beginnen dieses Kapitel mit der Aufzählung und Beschreibung der alpinmetamorphen Neubildungen in unserm Untersuchungsgebiet. Die Verbreitung der häufigsten Minerale ist auf den Figuren 43, 44, 45 dargestellt. Als Untersuchungsobjekte dienen uns die triasischen und liasischen Gesteine der gotthardmassivischen Sedimentbedeckung und die penninischen Triasgesteine und Bündnerschiefer. Einzig der Mineralbestand der Grünschiefer und der fraglichen permo-triasischen Arkosen wurde auf den Figuren 43-45 nicht berücksichtigt. Damit erreichen wir eine (vor allem für die Feldspäte wichtige) vergleichbare Grundlage in der Paragenese Plagioklas mit Kalzit + Glimmer und Kalksilikaten.

Alpinmetamorphe Neubildungen

Neben einer vollständigen Rekristallisation des Kalzits und des Quarzes unter zusätzlicher Sammelkristallisation des kalzitischen oder quarzitäischen Bindemittels haben wir die folgenden Mineralneubildungen festgestellt:

Serizit-Muskowit fehlen kaum in einem Dünnschliff. Sie sind typisch angereichert auf den Schieferungsflächen, nesterartig als Folge der Deformationsverglimmerung in mylonitisierten Gesteinen, oder auch verteilt in der Grundmasse. In dolomitischen Gesteinen könnte der farblose Glimmer auch Phlogopit sein. Mittels Messungen der Lichtbrechung oder des optischen Axenwinkels haben wir sowohl Phlogopit wie auch Muskowit in Dolomitschiefer und -marmor nachgewiesen.

Phlogopit in farbloser oder schwach bräunlicher Ausbildung ist an die dolomitischen Gesteine gebunden. Im Dünnschliff kann das selektive Auftreten des Phlogopits besonders schön bei den geschieferten Arkosen mit Dolomitkomponenten aus der Feldbachzone beobachtet werden.

Grüner Biotit ist sehr selten und bisher nur in drei Dünnschliffen von met. Quartenschiefer der gotthardmassivischen Trias im Blinnental (Fig. 8) und im Stollen Feld (Fig. 9) gefunden worden. Einzig die Grünschiefer in der Feldbachzone können auch hellbraun-olivgrün bis olivbraunen Biotit führen. Einschlüsse von "Zirkon" mit radioaktivem Hof fehlen vollständig.

Als braunen Biotit bezeichnen wir alle Biotite, deren Farbe von hellbraun-braun bis dunkelbraun-rotbraun reicht. Möglicherweise handelt es sich dabei um verschiedene Biotitarten, die wir aber weiter nicht untersucht haben. Gelegentlich und vor allem in tonigen Gesteinen tritt Biotit als Querbiotit auf. Der braune Biotit ist über das ganze Gebiet verteilt. Auffallenderweise fehlt er sporadisch in den Glimmerlagen der Bündnerschiefer jeweils auf 5 bis 50 m im Profil quer zum Streichen. Dafür ist zum Teil der Serizit-Muskowit reichlicher und in grösseren Schuppen ausgebildet. Auch im braunen Biotit haben wir nie "Zirkoneinschlüsse" beobachtet, die in den Gneisen des Gotthardmassivs kaum je fehlen. Die "Zirkoneinschlüsse" werden in Anführungszeichen zitiert, weil es sich dabei nach einer mündlichen Mitteilung von Prof. E. WENK (Basel) sehr oft nicht um Zirkone handelt. Ein sehr interessantes Phänomen konnte in einem liasischen Schiefer aus dem Blinnental (BL 46a) besonders schön studiert werden. Grosse braun bis rotbraune Biotitporphyroblasten (Querbiotit) weisen streng parallele, farblose "Streifen" auf (vergl. Fig. 22). Prof. E. WENK (Basel) untersuchte zuvorkommenderweise einen Dünnschliff dieses Gesteins auf dem Universaldrehtisch, wofür an dieser Stelle nochmals gedankt sei. Nach seiner brieflichen Mitteilung scheinen die parallel zur Basis eingewachsenen, farblosen Lamellen im Biotit optisch positiven Chlorit darzustellen. Eine von Dr. H. SCHWANDER (Basel) durchgeführte Voruntersuchung unter der Röntgen-Mikrosonde bestätigt u.a. eine deutlich verschiedene Kaliverteilung zwischen Biotit und den farblosen Lamellen. Zur Zeit wird dieses mineralogische Phänomen von Dr. H. SCHWANDER freundlicherweise am Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Basel mit der Röntgen-Mikrosonde vor allem auf Fe, Mg und Al weiter studiert. Aus den bisherigen Beobachtungen könnte eine primäre Wechselagerung von Biotit-Chlorit gefolgert werden. Solcherart "gestreifte" Biotite haben wir auch in andern Dünnschliffen festgestellt. Nach einer mündlichen Mitteilung von Prof. E. WENK (Basel) weisen braune Biotite in Dünnschliffen der Dissertationssammlung BURCKHARDT (1942) aus der Bedrettomulde des Basodinogebietes ähnliche, wenn auch undeutlichere "Parallelstreifung" auf.

Chlorit ist feinschuppig bis filzartig, zusammen mit Serizit in der Grundmasse von met. Quartenschiefer (Fig. 9) und schwarzen met. Tonschiefer (Fig. 23), vereinzelt, feinschuppig in Quarziten (Fig. 14, 40) oder als schöne Blättchen oder Tafeln, oft zusammen mit Chloritoid und mit polysynthetischer Verzwillingung (Fig. 24) in met. schwarzen Tonschiefer zu beobachten. Der Chlorit ist farblos oder schwach grünlich-gelb pleochroitisch oder grün ausgebildet und zeigt häufig anomale Interferenzfarben von olivbraun bis stahlblau (Fig. 14). Mit einer Ausnahme scheint das Auftreten von Chlorit an die gotthardmassivischen Sedimente und da vor allem an die met. Quartenschiefer und die Serie der Termen-Tonschiefer gebunden zu sein. Einzig in den tonig-sandigen Bündnerschiefer der Feldbachzone haben wir in einer Quarzlage schön blättrig ausgebildeten Chlorit festgestellt. Die kalkig-sandigen Bündnerschiefer sind nahezu chloritfrei. Erst in der Feldbachregion im Binnental sind teils chloritisierte Biotite und Chlorit (vollständig umgewandelter Biotit) anzutreffen. Diese Chlorite halten wir nicht für gleichaltrig mit jenen aus den gotthardmassivischen Sedimenten, sondern als Zeugen einer späteren Metamorphosephase (Pseudomorphose).

Chloritoid tritt sehr häufig, aber ausschliesslich im gotthardmassivischen Mesozoikum (Quartenschiefer, liasische Serien der Termen-Tonschiefer und der Termen-Kalkschiefer) auf. In den Bündnerschiefer fehlt er vollständig. Die Chloritoid-

täfelchen erreichen eine Grösse von 0,3 - 1,8 mm, sind öfters polysynthetisch verzwillingt und zeigen meist schwachen bis deutlichen Pleochroismus (hell grünlich-gelb - schieferblau). In den Schiefer der Termen-Tonschiefer sind sie immer farblos und auch am kleinsten ausgebildet. Die grössten Individuen (quer zur Schieferung) enthalten Einschlüsse und sind korrodiert (??), möglicherweise auch nur unvollständig idiomorph gewachsen (Fig. 41). Die bekannte "Sanduhrstruktur" wurde nie beobachtet; rosettenförmige Anordnung der Täfelchen zeigt ein Dünnschliff aus einem met. Quartenschiefer (Fig. 12). Am Aufbau des Gesteins kann der Chloritoid akzessorisch oder als Neben- bis Hauptgemengteile (bis zu 15 %) beteiligt sein. Vergesellschaftet ist er u.a. mit Epidot (Klinozoisit und Pistazit), Granat, Chlorit, Serizit-Muskowit, braunem bis rotbraunem Biotit. Erstaunlich ist die offensichtliche Unabhängigkeit des Chloritoids von einer besondern mineralogischen Zusammensetzung des Trägergesteins, wie dies bisher allgemein angenommen wurde. Auf Fig. 40 + 41 sind in Dünnschliffzeichnungen Chloritoidporphyroblasten aus einem quarzitischem und einem vorwiegend kalzitischen Milieu dargestellt. Vom Chemismus der Gesteine ausgehend, genügt offenbar ein auf den Gesamtchemismus bezogen geringer Tongehalt zur Bildung von Chloritoid mit dem hiezu notwendigen Fe und Al usw. Nach HALFERDAHL (1961) kann die chemische Grundformel für Chloritoid wie folgt angegeben werden. Wir zitieren auf S. 65:

"The preceding data indicate that the simple chemical formula for chloritoid may be written $\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ with the following ranges in the amounts of substitution:

Substitution		Range in percent
Mg	Fe ²⁺	0 - 42
Mn	Fe ²⁺	0 - 17
Fe ³⁺	Al	0 - 14
F	OH	0 - 0.25 "

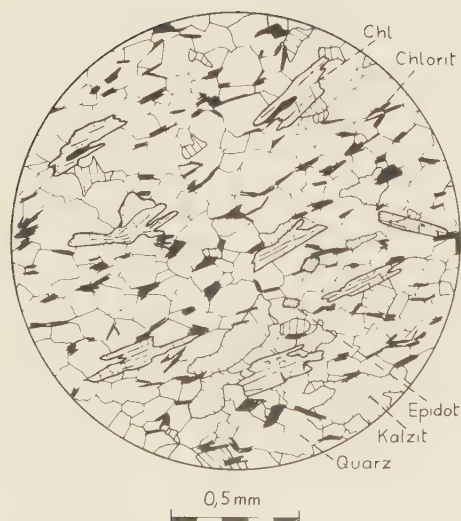


Fig. 40. (11.9.64/7) Chloritoid (Chl) in quarzitischem Milieu: schwach kalkiger Chlorit-Chloritoid-Quarzit-schiefer

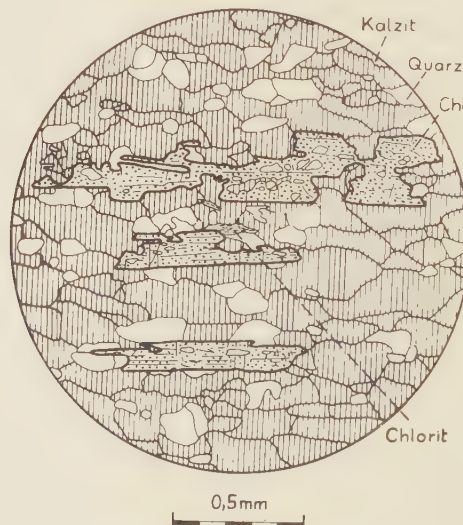


Fig. 41. (BL 18) Chloritoid (Chl) in kalkigem Milieu: sandiger Chloritoid-Kalkschiefer.

Epidot-Zoisit: Die optische Bestimmung der Minerale innerhalb der Epidot-Zoisit-Gruppe ist oft recht schwierig und nicht immer durchführbar. Eindeutig nachgewiesen wurden Pistazit (meistens körnig, selten stengelig, farblos bis schwach pleochroitisch), Klinozoisit (körnig und stengelig, farblos, meist mit anomalen Interferenzfarben), selten Pseudozoisit oder β -Zoisit (farblos, blättrig, selten stengelig, mit Einschlüssen und verwachsen mit Epidot, anomale Interferenzfarben), sehr selten α -Zoisit (körnig, farblos). Epidot (Klinozoisit und Pistazit) ist neben Serizit-Muskowit das verbreitetste alpinmetamorphe Mineral in unserm Untersuchungsgebiet.

Granat führen vereinzelt die liasischen Gesteine der Serien der Termen-Tonschiefer und der Termen-Kalkschiefer im N und die tonig-sandigen Bündnerschiefer im S in der Feldbachzone. In letzteren Gesteinen fehlt Granat kaum je. Die Granate im gott-hardmassivischen Sedimentmantel sind schwach bis deutlich rosa gefärbt (u.d.M.). Die Bestimmung der Lichtbrechung (unter Na_D -Licht) ergab in einem Fall $\sim 1,80$ (vergl. S. 43) und in einem andern Fall $\sim 1,82$. Vermutlich sind beides Vertreter der Mischungsreihe Pyrop - Almandin mit 80 bzw. gegen 100 Mol-% Almandin. SCHMIDT (1891, S. 46) bestimmt einen rosa gefärbten Granat aus den Granatphylliten des Nufenengebietes nach Lichtbrechung und Dispersion als Almandin. Die Granate aus den tonig-sandigen Bündnerschiefer sind farblos (u.d.M.) und wurden von uns nicht weiter untersucht. Sie enthalten im Gegensatz zu den Granaten aus den gott-hardmassivischen Sedimenten fast immer reichlich schwarzes Pigment und oft zahlreiche Einschlüsse (vergl. Fig. 37). Die häufigen Risse senkrecht zur Schieferungsebene und die bis zu 90° erfolgte Drehung, verbunden mit Streckungshöfen in der Schieferungsebene hat bereits BADER (1934, S. 367) erwähnt.

Ilmenit - Rutil - Titanit: Ilmenitplättchen (u.d.M. als "stengelige Querschnitte") sind sehr häufig in der Serie der Termen-Tonschiefer, kommen aber auch in den andern liasischen Gesteinen und in den Bündnerschiefer vor. Dagegen fehlen Rutil und Titanit in der Serie der Termen-Tonschiefer vollständig und treten vereinzelt in der Serie der Nufenen-Knotenschiefer, häufig in der Serie der Termen-Kalkschiefer und sehr häufig in den Bündnerschiefer auf. Ausschliesslich Rutil wurde in den Grünschiefer (mesozoischen Ophiolithen) festgestellt. Der Ilmenit ist gelegentlich federartig angereichert und zeigt häufig (ausgenommen in der Serie der Termen-Tonschiefer) randliche Umwandlung in Rutil. Die Rutilkörner sind von gold- bis dunkelbrauner Farbe. Der Titanit ist meist in schöner "Briefcouvertform" ausgebildet, gelegentlich auch etwas gestreckt (Fig. 19). Partielle bis vollständige Umwandlung des Titanits in Rutil haben wir in verschiedenen Dünnschliffen (vergl. Fig. 30, 35) beobachtet. In einem Handstück ist Rutil in durchgehender Lage angereichert und auf einer Schieferungsfläche in Stengel von 3-4 cm Länge und 2-3 mm Dicke ausgebildet.

EICHENBERGER (1924) erwähnt das häufige Auftreten von Rutil und das völlige Fehlen von Titanit in den höher metamorphen Schiefer des Nufenengebietes. BURCKHARDT (1942) interpretiert die Rutil- und Titanitminerale als reliktsche, rekristallisierte Körner. Wir neigen eher zur Ansicht, dass sowohl Ilmenit (auf den Schieferungsflächen der Termen-Tonschiefer angereichert und geregelt) wie auch Titanit und Rutil als eigentliche Neubildungen zu betrachten wären. Bei den verschiedentlich beobachteten Umwandlungen (Ilmenit Rutil, Titanit Rutil) demonstriert sich ja der mehrphasige Ablauf der alpinen Metamorphose. Im benachbarten Simplongebiet beschreibt STRECKEISEN (1962) Ilmenit und Titanit in der nördlichen Region mit niedrigerer Metamorphose und Rutil in der südlichen, höher metamorphen Region, wobei gelegentlich auch alle drei Titanminerale zusammen auftreten. Möglicherweise könnte dieser scheinbare Zusammenhang von Ilmenit-Titanit in niedriger Metamorphose und Rutil in höherer Metamorphose als Ergebnis der Mehrphasigkeit der

alpinen Metamorphose gedeutet werden. Eine spätere Phase hätte demnach nur noch die SE-Region erreicht.

Turmalin in kleinen, farblos bis grünen Säulchen, selten in grössern, zonar gefärbten Querschnitten ist nahezu durchgehend in allen untersuchten Sedimenten vertreten (Quartenschiefer, gotthardmassivischer Lias und Bündnerschiefer). Beim Turmalin wird der authigene Charakter von den einen Autoren bejaht, von den andern abgelehnt. Wir zitieren EICHENBERGER (1924) auf S. 468:

"Alle Eigenschaften sprechen dafür, dass er authigen ist. Das massenhafte Vorkommen deutet auf pneumatolytische Vorgänge während der Metamorphose der einschliessenden Sedimente. Die durchgehende Verbreitung des Minerals in den Nufenensedimenten beweist, dass die Vorgänge regionalen Charakter haben."

Der gegenteiligen Meinung ist BADER (1934) bei der Besprechung des Mineralbestandes der tonig-sandigen Bündnerschiefer. Wir zitieren auf S. 367/368:

"Der Turmalin ist schön idiomorph, grün, stets sehr klein und in der ganzen Masse dispers verteilt. Im Granat ist Turmalin als Einschluss parallel der Kohle mitgedreht worden. Dies erlaubt den sichern Schluss zu ziehen, dass der Turmalin primär mit der Kohle zur Ablagerung kam, er ist also reliktsch." Der Schlussfolgerung von BADER können wir uns nicht anschliessen.

BURCKHARDT (1942) betrachtet den Turmalin wie auch Rutil und Titanit in den Bündnerschiefer des Basodinogebietes als alpin rekristallisierte Körner.

Apatit haben wir zum Teil recht häufig (bis 1 %) in met. Quartenschiefer, in triasischen Quarziten, in den permo-triasischen Arkosen und Dolomitzkonglomeraten der Felzbachzone festgestellt. In den übrigen Sedimenten fehlt der Apatit bis auf die Ausnahme von 1 gerundeten Korn in einem Dünnschliff der tonig-sandigen Bündnerschiefer. Dieses fast ausschliesslich auf die triasischen Sedimente beschränkte Auftreten lässt am ehesten eine detritische Deutung zu. Von den Autoren EICHENBERGER (1924), BADER (1934), OBERHOLZER (1956) wird Apatit im Mineralbestand überhaupt nicht erwähnt.

Die Feldspäte wollen wir, um Wiederholungen zu vermeiden, erst im Zusammenhang mit der vergleichenden Besprechung unserer Befunde gegenüber den bisherigen regionalen Metamorphoseuntersuchungen (BEARTH, NIGGLI, WENK) behandeln.

Im gesamten Untersuchungsgebiet haben wir die folgenden von andern Autoren beschriebenen oder zu erwartenden Minerale nicht festgestellt: Disthen, Staurolith, Hornblende, Margarit. Bereits BADER (1934) hat das völlige Fehlen von Disthen im Binnental besonders erwähnt. STRECKEISEN (1962) erklärt das seltene Auftreten von Disthen im benachbarten Dimplongebiet mit dem Hinweis, dass wahrscheinlich meist genügend K zur Bildung von Muskowit (Serizit) vorhanden war. Den Staurolith hat BADER aus den tonig-sandigen Bündnerschiefer als Hauptgemengteil oder aber völlig fehlend beschrieben. In den tonig-sandigen Bündnerschiefer hat BADER auch verschiedentlich Hornblende gefunden. Unser negativer Befund kann mit dem Hinweis erklärt werden, dass BADER's Untersuchungsgebiet weiter nach SW in Richtung zunehmender Metamorphose reicht. In der Region Lercheltini - Halensee haben wir dann auch verschiedentlich Hornblende und Staurolith festgestellt. STRECKEISEN führt das seltene Vorkommen von Staurolith im Simplongebiet auf die Vermutung zurück, dass meist genügend Ca und Al zur Bildung von Klinozoisit-Epidot vorhanden war. Die letzteren Minerale sind in unserm Untersuchungsgebiet tatsächlich auch sehr häufig und reichlich verbreitet. Hornblende wird von OBERHOLZER (1956) bei seiner Beschreibung der Granat-Hornblende-Garbenschiefer aus dem Nufenengebiet erwähnt: "Ein ähnliches Gestein, allerdings von geringerem Hornblendegehalt, konnte auch südlich des Kummehorn (westlich vom Blinnental) festgestellt werden." Diesem Hinweis nachgehend, haben wir im Feld das

betreffende Gestein mit dunkelgrün bis schwarzen Garben gefunden. Die Untersuchung der "Hornblende" im Körnerpräparat führte jedoch zum Schluss, dass es sich um einen Epidot-Zoisit handelt. Damit beschränken sich unsere Hornblendefunde auf die hornblendeführenden Grünschiefer der Feldbachzone, die bereits bei der Gesteinsbeschreibung (S. 72) ausführlich behandelt wurden.

Nachdem E. NIGGLI (1955) teils neu nachgewiesene, teils aus der Literatur zitierte Margaritfunde zusammengestellt hat, ist er zum Schluss gekommen, dass Margarit wohl ein wichtiger Bestandteil relativ Ca-reicher Schiefer am mittleren Südrande des Gotthardmassivs sei. Wir zitieren E. NIGGLI auf S. 169: "Vermutlich ist ebenfalls Margarit der von R. EICHENBERGER (1924) auf S. 47 beschriebene Glimmer ("stark graphitoidhaltige Blätter eines Glimmerminerals") aus penninischen Kalkschiefern, unmittelbar unter den gotthardmassivischen Sedimenten." Nach diesem Hinweis auf das östlich anschliessende Nufenengebiet (zum Teil von LISZKAY neu untersucht) haben wir eine Reihe von farblosen Glimmer aus Handstücken unseres Gebietes auf die Lichtbrechung untersucht. Dazu wählten wir vor allem liasische Gesteine und Bündnerschiefer aus dem Stollenprofil Feld aus. Da Margarit mit $n_y = 1,643 - 1,648$ eine höhere Lichtbrechung als Muskowit aufweist, benützten wir eine Testflüssigkeit mit $n = 1,63$. Sämtliche farblosen Glimmer zeigten eine Lichtbrechung für n_y unter 1,63 und bei optisch negativem Charakter einen Axenwinkel von $35-50^\circ$, meist $40-45^\circ$; diese Glimmer müssen demnach als Muskowit angesprochen werden. Möglicherweise befindet sich unser Untersuchungsgebiet für die Bildung von Margarit in einer zu niedrigen Metamorphosezone.

Struktur und Textur: Bezüglich Kleintektonik verweisen wir auf die Untersuchungen von Liszkay (in Vorbereitung) und begnügen uns mit den folgenden generellen Feststellungen. Die sedimentäre Struktur und Textur der Gesteine wurde von den tektonischen Vorgängen und durch die Metamorphose vollständig überprägt. Aus diesem und aus mineralogischen Gründen (Feldspatgehalt) hat BADER die Bündnerschiefer in verschiedene, nicht kartierbare Gneistypen unterteilt. Auf die metamorphe Differentiation führen wir die oft sehr feinlagige Textur einiger liasischer Gesteine und der Bündnerschiefer zurück. Ein sehr schönes Beispiel stellen die "Aus-schwitzungen" (weisse Schnüre und Linsen) aus Quarz und Kalzit und einer tonigen Ummantelung dar. In den feinen tonigen Lagen, oft nur als glimmerreiche Schieferungsflächen ausgebildet, treffen wir zur Hauptsache die metamorphen Neubildungen an. Dies erklärt die grossen Schwierigkeiten, die einer petrographischen Gliederung im Sinne BADER entgegenstehen.

E. NIGGLI (1962) formuliert ein Charakteristikum der alpinen Metamorphose auf S. 132 wie folgt: "Die Metamorphose begann während der Hauptfaltung und überdauerte diese. Die alpine Gesteinsumwandlung ist auf keinen Fall eine Geosynklineal-Belastungsmetamorphose. Sie kann als Dislokations-Metamorphose im weiteren Sinn bezeichnet werden." Die folgenden Beobachtungen belegen u.a. diese Ausführungen:

1. Eine deutliche Längung des Kalzits und teils des Quarzes kann vor allem an zahlreichen sandig-kalkigen Bündnerschiefer beobachtet werden. Eine solche Längung der Körner unter Sammelkristallisation des Bindemittels und ohne andere Deformationerscheinungen kann mit dem gleichzeitigen Ablauf der tektonischen Bewegungen und der Metamorphose erklärt werden. In gleicher Weise können wir auch die gedrehten Granate und Feldspäte interpretieren.
2. Das Auftreten von ungestörten Glimmer quer zur Schieferung zeigt, dass die Metamorphose die Hauptfaltung überdauert haben muss.

Im folgenden Abschnitt wollen wir die Zoneneinteilung mit Plagioklas als Index-mineral der Metamorphose (WENK, 1962) mit unserm Gebiet und unsern Resultaten

vergleichen. Ein bisschen willkürlich aus dem Zusammenhang gerissen, zitieren wir WENK (1962, S. 148):

"Die gleiche Frage kann auch durch den Vergleich des Oligoklas-Isogrades mit geologisch-tektonischen Trennflächen überprüft werden. Im Oberwallis schneidet die scharfe Grenze zwischen Albit-Calcit- und Oligoklas-Calcit-Assoziationen die Bündnerschieferzüge zwischen Nufenen und Simplon spitzwinklig. Zwischen Ausserbinn und Saflisch-Eisten traversiert der Isograd beispielsweise die breite Bedretto-Zone. Auch der Isograd für braunen Biotit zeigt in diesem Gebiet einen ähnlichen Verlauf."

Nach WENK würden wir uns also in der Oligoklas-Zone mit 17-30 % An befinden. Tatsächlich haben wir ausschliesslich Oligoklas, Oligoklas-Andesin und am Rand des Untersuchungsgebietes im Blinnental im E und in der Feldbachzone im S noch sauren Andesin angetroffen. Die Plagioklasmessungen wurden u.d.M. an scharf geschnittenen polysynthetischen Zwillingen mit symmetrischer Auslöschung, gelegentlich auch nur mit dem optischen Vorzeichen und der Lichtbrechung durchgeführt. In einem einzigen Fall haben wir die Universal-Drehtischmethode zu Hilfe genommen. Auf Fig. 43 ist die Verbreitung der Plagioklase dargestellt, wobei wir Oligoklas und Andesin unterscheiden haben. Als Andesin bezeichnen wir nur die mit der Auslöschungsschiefe an Zwillingen nachgewiesenen Plagioklase mit über 30 % An. Die unsicheren Uebergänge (z.B. mangels Verzwillingung und Spaltbarkeit) Oligoklas-Andesin haben wir konsequent zu Oligoklas gezählt. Die niedrigsten An-Werte wurden in der Region Ausserbinn-Rappentalumbiegung mit 25 % An und die höchsten Werte im Blinnental und in der Feldbachzone mit 34 % An gemessen. Unsere Messungen schliessen noch höhere An-Gehalte (ev. auch tiefere) an unverzwillingten Plagioklasen nicht aus. Im Blinnental z.B. haben wir Plagioklas mit einer ungefähr dem Quarz entsprechenden Lichtbrechung festgestellt.

Gegenüber den Angaben von BADER (1934), der die Plagioklase in den sandig-kalkigen Bündnerschiefer mit ca. 15 % An charakterisiert, besteht ein offensichtlicher Widerspruch, den wir uns nicht recht erklären können. Ein Plagioklas mit 15 % An würde zudem in die Peristeritlücke von 8-17 % An fallen, was in unserm karbonatreichen Milieu eher unwahrscheinlich wäre (vergl. WENK, 1962, S. 146-147). Auch die von BADER angegebenen An-Gehalte von 25-30 % in den tonig-sandigen Bündnerschiefer erscheint uns zu niedrig. In einem Handstück aus den tonigen Bündnerschiefer unterhalb dem Halensee im Binntal haben wir Andesin mit 42 % An gemessen.

Im Sinne der Mineralzonen von E. NIGGLI (1960) würde unser Untersuchungsgebiet z.T. in der Chloritoidzone liegen. Unsere Resultate bestätigen dies, wobei es sich offensichtlich um den südlichen Teil der Chloritoidzone handelt, in dem der Stilpnomelan fehlt. Im S unserer Gebietes müssten wir die Bündnerschiefer in die Nähe der Disthenzone stellen, obschon wir keinen Disthen gefunden haben. Nach E. NIGGLI (1960, S. 135) deckt sich jedoch das Verbreitungsgebiet des braunen Biotits einigermaßen mit jenem des Disthens. Brauner Biotit ist in der ganzen N-S Abfolge der Bündnerschiefer und z.T. auch im Lias des Gotthardmassivs vertreten.

STRECKEISEN (1962) beschreibt die Abfolge von metamorphen Neubildungen in Richtung zunehmender Metamorphose im benachbarten Simplongebiet. Nachdem wir bei der Besprechung der alpinmetamorphen Minerale verschiedentlich auf obige Arbeit hingewiesen haben, sei hier nur noch kurz ein Parallelisationsversuch unseres Gebietes in Beziehung zu den Zonen von STRECKEISEN dargelegt. Die Region Ausserbinn mit den gotthardmassivischen Sedimenten kann mit der Zone mit braunrotem Biotit und Chlorit parallelisiert werden. In den südlich an die Region Ausserbinn schliessenden Bündnerschiefer und weiter im E im Blinnental fehlt der Chlorit neben dem Biotit. Diese Region würde demnach der südlichsten Zone von STRECKEISEN, jener mit Biotit ohne Chlorit (Alpe Veglia) entsprechen.

6. KLUFTMINERALIEN

Mein Gebietsnachbar S. GRAESER (1965) hat in seiner Dissertation u.a. auch die Gesteine (vor allem den Dolomit) der Feldbachzone auf Kluftlagerstätten untersucht und beschrieben. Deshalb seien hier lediglich die Beobachtungen und Funde in den Bündnerschiefer und im gotthardmassivischen Mesozoikum wiedergegeben.

Ansehnliche, weisse Kalzitkristalle konnten in einer Bündnerschieferkluft im Stollen Feld gesichert werden. Die Rhomboederkristalle mit einer Kantenlänge bis zu 5,8 cm sind nach folgenden Gesetzen verzwillingt (vergl. Fig. 42): 0112, 1010, 0001. Recht häufig sind auch Parallelverwachsungen. Auf den Kristallflächen treten Chlorit, Muskowit und gelblich-weiße, kugelige Aggregate von 0,5 - 1 mm Durchmesser auf. Die Röntgenaufnahme wurde von Dr. T. STALDER (Bern) untersucht und das Mineral als Ankerit mit mindestens 15 % und wahrscheinlich mehr FeCO_3 bestimmt.

Feine, freistehende Rutilnadeln mit einer Länge bis zu 2 cm sind zusammen mit Kalzitkristallen in den Bündnerschiefer oft angetroffen worden. Auch kleine, z.T. verwachsene Quarzkristalle, zusammen mit Rhomboederkalzit und Pyrit auftretend, sind nicht selten.

Einzelne grössere Pyritwürfel mit einer Kantenlänge bis zu 6 cm können vor allem in den triasischen Phylliten (met. Quartenschiefer) gefunden werden.



Fig. 42. Verzwillingte Rhomboederkristalle aus Kalzit mit kugeligen Ankeritaggregaten und Chlorit.

7. BEMERKUNGEN ZUR MORPHOLOGIE UND ZUM QUARTAER

Das Oberwallis wurde von verschiedenen Autoren in morphologischer Hinsicht ausführlich untersucht und beschrieben. Wir erwähnen nur die jüngsten und wichtigsten Arbeiten, die zudem Hinweise auf unser engeres Untersuchungsgebiet enthalten: MACHATSCHEK & STAUB (1927), BÖGLI (1941), EGGERS (1961).

Bei der Kartierung des Quartärs haben wir uns auf das Ausscheiden älterer Moränen, rezenter Moränen, von Blockschutt, Bachschuttkegel, Sackungen, Schlipfe, von Ge-

hängeschutt (in der Talsohle vermischt mit Moränen- und Alluvialmaterial) beschränkt.

Nach EGGERS (1961) wären unsere Moränen, abgesehen von den rezenten, altersmässig dem Gschnitz-Stadium zuzuschreiben. Die Mächtigkeit der Moränenüberdeckung schwankt ausserordentlich. Auf dem Ernergalen, der Ebne Matte und in der höhern Kummhorn-region ist sie sehr gering, oft nur noch an den einzelnen bis zahlreichen Kristallinblöcken (Granite, Gneise) zu erkennen. Auf dem Rücken zwischen der Alp Frid und Eggen sind Mächtigkeiten bis über 17 m festgestellt worden (anlässlich des Aushubs für das Ausgleichsbecken Frid). Als Beispiel für die Tücken, denen man beim Studium von Luftaufnahmen erliegen kann, lässt sich der angebliche Moränenwall (EGGERS, 1961, Fig. 7, S. 34) auf der Nordseite des hintern Rappentals zitieren. Bei den Feldbegehungen konnten wir ein wallähnliches Gebilde längs dem Hang gegen NE ansteigend beobachten. Die verschiedentlich aufgeschlossenen Schichtköpfe lassen erkennen, dass der sog. Wall schön parallel der Streichrichtung verläuft und aus einer Gelände-rippe besteht, die durch Erosion weicherer Schichtglieder entstanden ist.

Sackung Feld

Auf der nördlichen Binntalseite ob dem Dorf Feld, zwischen Kehlmatte und Schinermgmach, erstreckt sich über einige 100 m eine beträchtliche Sackungsmasse. Die für das Bauvorhaben (Stollen Binn) notwendigen Untersuchungen mittels seismischer Messungen ergaben eine Mächtigkeit im vertikalen Schnitt von durchschnittlich 40-45 m (bis 55 m), was einer effektiven, senkrecht zu der Felsoberfläche projizierten Mächtigkeit von 20-40 m entspricht.

Hakenwurf

Die durch das gotthardmassivische Mesozoikum oder die Bündnerschiefer aufgebauten Gebirgszüge zeigen stets gegen Süden sehr typische, flachere Hänge, die meist von einer Vegetationsdecke überzogen sind. Der Nordabfall, z.B. beim östlichen Grat zum Kummhorn oder beim Gebirgszug zwischen dem Rappental und dem Binntal, ist wesentlich steiler und die Schichtköpfe der südfallenden Schichten sind fast ausnahmslos gegen Norden hakengeworfen. Die Tiefe des Hakenwurfes reicht schätzungsweise von einigen Meter bis zu einigen Dutzend Meter, gelegentlich und lokal auch noch tiefer. Das gleiche Hakenwurfphänomen, das wir wegen seinem Zusammenhang mit dem steil nach S einfallenden Gesteinsverband nicht als Sackung bezeichnen, ist auch auf der südlichen Rhonetalseite, z.B. im Ernerwald, zu beobachten. Aus dem Einblick, den der Bau des Stollens Frid durch die Gneise des Gotthardmassivs vermittelt hat, können wir schliessen, dass im obern Ernerwald gegen die Alp Frid der Hakenwurf bei einer Ueberlagerung bis zu 150 m gegen 450 m senkrecht zum Streichen der Gneise in den Berg reicht. Bei einer Stollenbegehung kann der allmähliche Uebergang der 15-30°S fallenden äussern, aufgelockerten und zerbrochenen Gesteinslagen zum normalen tektonischen Südfallen von 75-90° verfolgt werden.

Hydrologisches

Nach dem bis auf einige Tropfzonen (Infiltration von der Oberfläche) trockenen Verlauf des Stollens Frid im Kristallin des Gotthardmassivs, wies der Stollen Feld im Lias und in den Bündnerschiefer fast durchwegs Wasserinfiltrationen und Quellen auf. Mit dem vorrückenden Vortrieb versiegten nach einigen Tagen oder Wochen eine grosse Zahl der Infiltrationsstellen. Der durchschnittliche Wasseranfall betrug im Sommer und im Winter um 50 s/l, konnte aber für einige Wochen auf über 100 s/l ansteigen. Die Temperatur des Wassers wurde im Sommer und im Winter mit 4 - 4 $\frac{1}{2}$ ° C gemessen. Die durch das Labor der Bauleitung ausgeführten Wasseranalysen zeigen trotz ausserordentlich schwankenden Werten keine prinzipiellen Unterschiede zwischen Quellen aus den gotthardmassivischen Sedimenten und jenen aus den Bündnerschiefer. Im folgenden seien von den verschiedenen Bestimmungen nur die Ca-, Mg- und Sulfatgehalte zusammenfassend wiedergegeben:

Totale Härte in °F	:	11,75° - 25°
Kalzium in Ca mg/l	:	34,6 - 61
Magnesium in Mg mg/l	:	6,7 - 27,4
Sulfat in SO ₄ mg/l	:	2,4 - 72

Wasseraustritte an der Oberfläche sind in den höhern Regionen nur ausnahmsweise zu beobachten. Die Runsen im Rappental mit den sehr schönen, fächerförmigen Schuttkegeln führen meist nur zur Zeit der Schneeschmelze Wasser. Dagegen sind Quellen aus dem Gehängeschutt nahe der Talsohle im Rappental keine Seltenheit. Die ganzjährig wasserführenden Tobel in der Binnaschlucht zeigen, dass ein grosser Teil des versickerten Oberflächenwassers aus der Eggerhornregion in der Streichrichtung der Schichten in Schichtquellen längs gestörten Zonen entwässert wird.

8. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wird ein Ausschnitt des gotthardmassivischen Mesozoikums und der südlich anschliessenden Bündnerschiefer im Oberwallis geologisch und petrographisch untersucht. Die gotthardmassivische Sedimentbedeckung kann durch das ganze Untersuchungsgebiet längs dem Kristallin des Gotthardmassivs verfolgt werden. Innerhalb dem Lias unterscheiden wir zwei Fazieszonen, die Nufenen-Zone im E und die Zone von Termen im W. Nach lithologischen Kriterien haben wir die Gesteine der beiden Zonen in verschiedene Serien gegliedert:

Serie der Nufenen-Knotenschiefer

Serie der Nufenen-Quarzite

Nufenen-Zone

Serie der Nufenen-Granattonschiefer

Serie der Termen-Tonschiefer

Zone von Termen

Serie der Termen-Kalkschiefer

Bezüglich der grösstenteils unsichern stratigraphischen Zuordnung der Serien verweisen wir auf die entsprechenden Abschnitte im Text. Mit zahlreichen Beispielen und Textfiguren (Dünnschliffzeichnungen) werden die Gesteinstypen der verschiedenen Serien charakterisiert.

Die Detailprofile im E (Blinntal) und im W (Rappentalumbiegung) lassen erkennen, dass die gotthardmassivische Sedimentbedeckung nicht wie bisher angenommen aus zwei bzw. im W nur noch aus einer Liasabfolge besteht, sondern dass die ganze Zone über der autochthonen Trias aus zahlreichen (bis 8) Schuppen mit sehr unterschiedlichem Gesteinsinhalt aufgebaut wird. Die einzelnen Schuppen mit unvollständigen Liasabfolgen werden durch sehr schmale Triaszüge getrennt.

Die südlich an das gotthardmassivische Mesozoikum anschliessenden Bündnerschiefer der sog. Bedrettomulde beginnen stets mit einer schmalen mitgeschürften penninischen Trias. Innerhalb der Bündnerschieferabfolge können wir zwei hauptsächliche Gesteinstypen unterscheiden. Einmal die grauen, schwach tonigen, sandig-kalkigen Bündnerschiefer, die das Gebirge zwischen dem Mühlebach (Rappental) und Feldbach/Binna (Binntal) aufbauen. Der zweite Gesteinstyp, die schwarzen, tonig-sandigen Bündnerschiefer treten erst in der Feldbachzone südlich der Grünschiefereinlagerungen auf. Innerhalb dieser zwei Haupttypen von Bündnerschiefer kann entsprechend dem unterschiedlichen Quarz/Kalzitverhältnis und auf Grund der metamorphen Neubildungen in den tonigen Lagen eine grosse Anzahl von

Gesteinstypen aufgestellt werden, die aber makroskopisch nicht als solche erkannt werden können und deren Name oft nur für die jeweilige Schlifflage repräsentativ ist.

Die Feldbachzone betrachten wir auf Grund ihres Gesteinsinhaltes mit Grünschiefer, triasischen Gesteinen, Arkosen und Bündnerschiefer als gesondertes tektonisches Element, wahrscheinlich als Basis einer nächst südlicheren Bündnerschieferschuppe. Ein bisher als "Orthogneis" (BADER, 1934) beschriebenes Gestein haben wir als alpinmetamorphe Arkose erkannt und fazielle Uebergänge dieser Arkose zu grobflaserigen Konglomeraten aus Dolomitkomponenten (Kristallinkomponenten) in Arkosegrundmasse festgestellt.

Die Gesteine der sog. Bedrettomulde (ohne Muldencharakter) werden zusammenfassend beschrieben und mit einzelnen Beispielen und Textfiguren (Dünnschliffzeichnungen) charakterisiert.

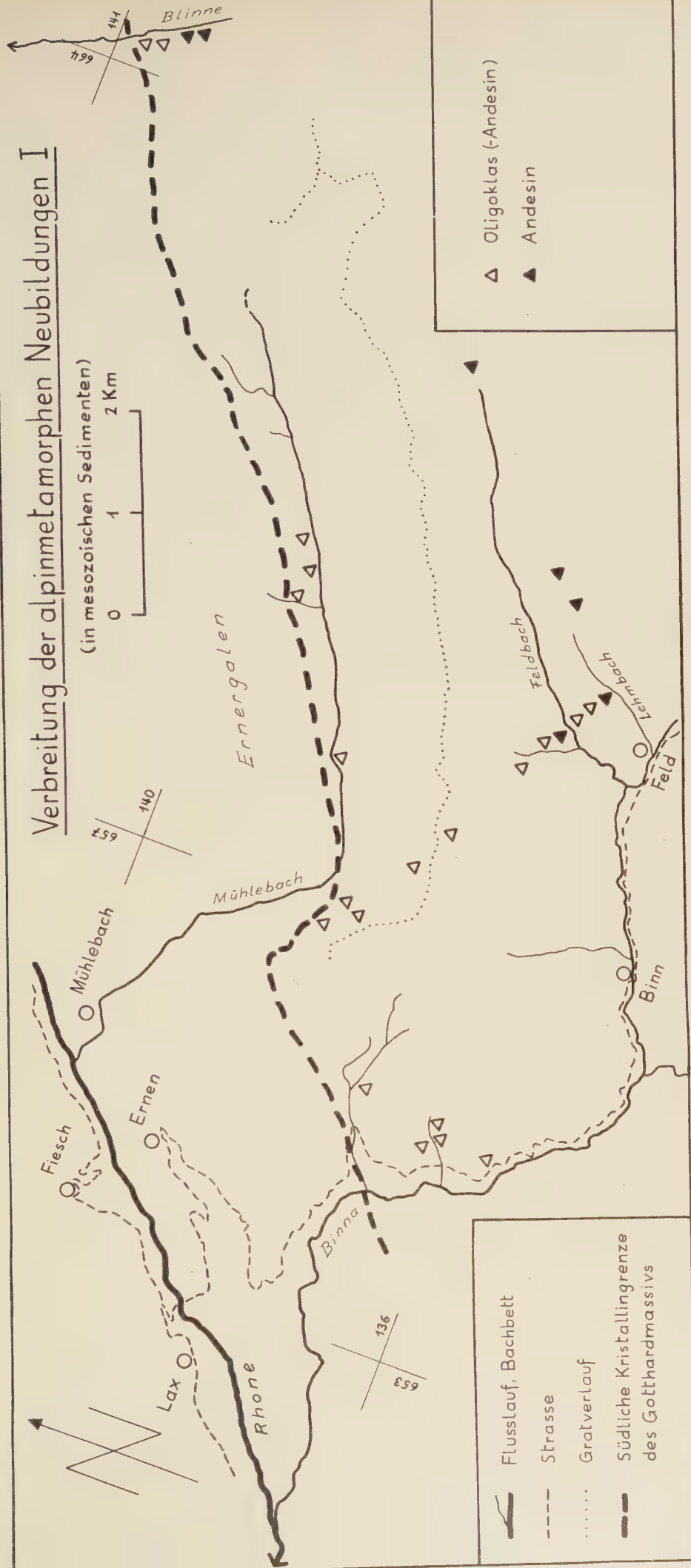
Auf den Figuren 43, 44 und 45 wurden die in Dünnschliffen beobachteten alpinmetamorphen Neubildungen zusammengestellt und im Kapitel Metamorphose ausführlich beschrieben. Auf Grund unserer Resultate befindet sich das Untersuchungsgebiet in der südlichen Chloritoidzone und in der Zone des braunen Biotits im Sinne der Mineralzonen von E. NIGGLI (1960). Nach dem Anorthitgehalt der Plagioklase aus der Paragenese Plagioklas mit Kalzit $\pm$ Glimmer und Kalksilikaten entspricht unser Gebiet der Oligoklas-Zone, im SE bereits der Andesin-Zone im Sinne von WENK (1962).

N a c h t r a g

RADIOAKTIVITAETSMESSUNGEN

Im Auftrag des "Arbeitsausschuss für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene Elemente" habe ich u.a. eine generelle Oberflächenprospektion im Dissertationsgebiet (Bericht vom 7. Nov. 1962) und Kontrollmessungen in den Stollen Frid (Bericht vom 10. Feb. 1964, Nr. 197) und Feld (Bericht in Vorbereitung) durchgeführt. Die verschiedenen Bericht befinden sich im Archiv des Arbeitsausschusses im Min. Petr. Institut in Bern, so dass ich an dieser Stelle auf eine Wiedergabe der Resultate verzichten kann.

Verbreitung der alpinmetamorphen Neubildungen I



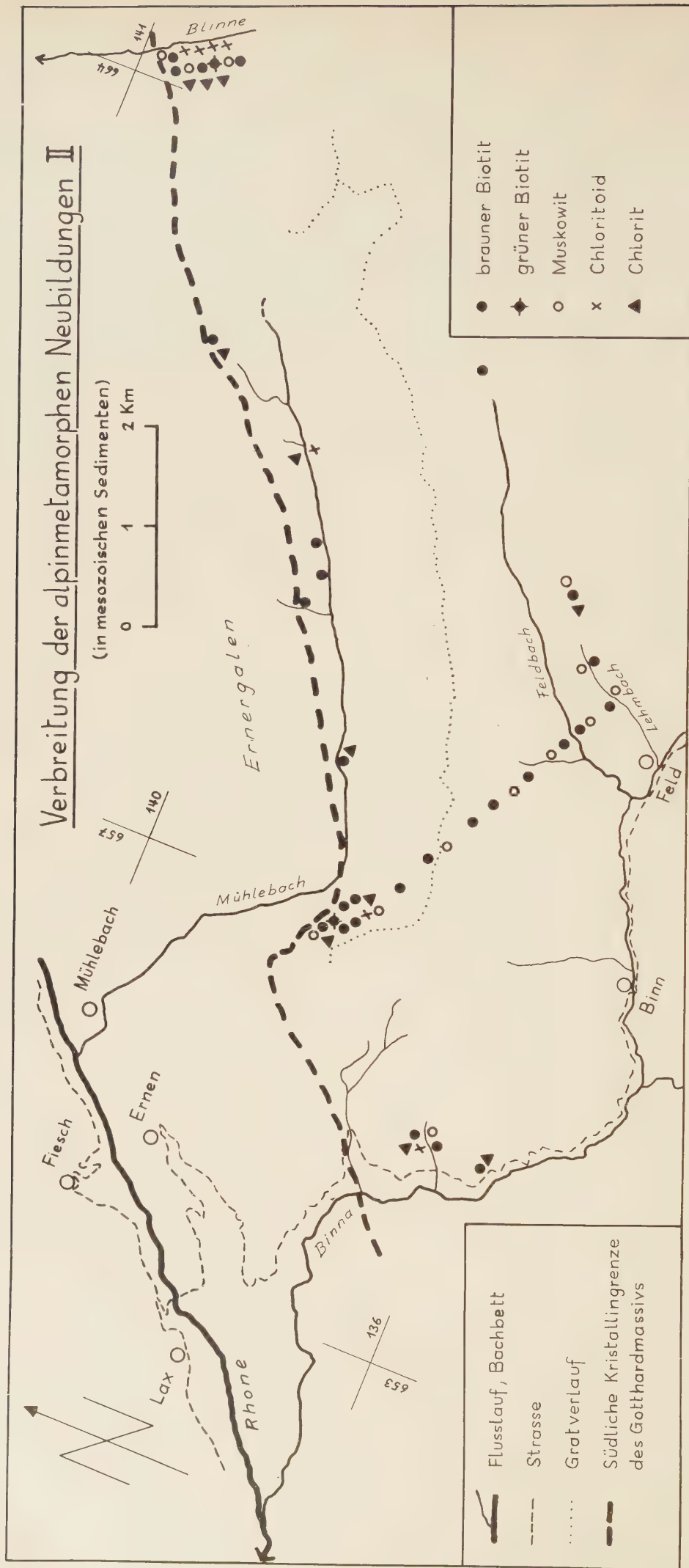


Fig. 44.

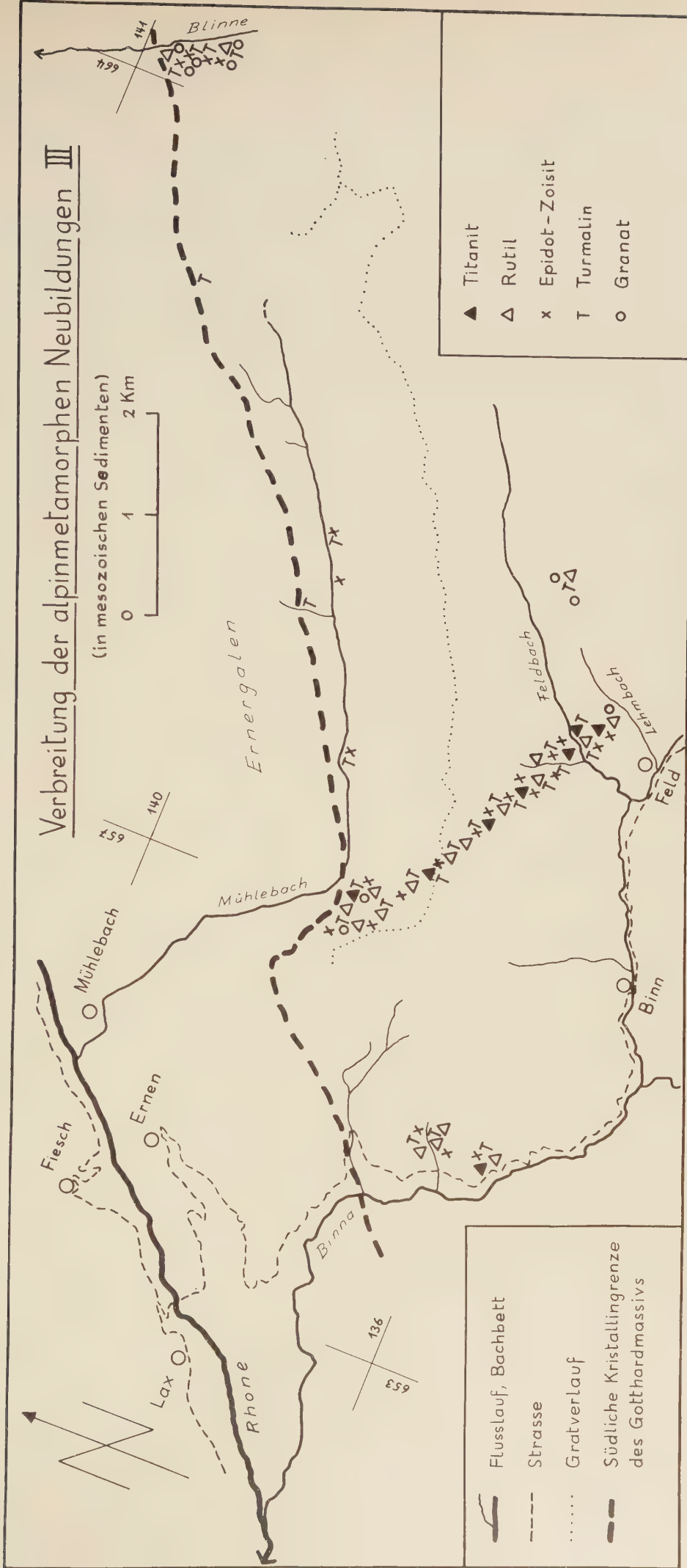


Fig. 45.

L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

- AMBÜHL, E. (1929): Petrographie und Geologie des zentralen Gotthardmassivs südlich Andermatt. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 9, S. 265-441.
- BADER, H. (1934): Beitrag zur Kenntnis der Gesteine und Minerallagerstätten des Binnentales. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 14, S. 318-441.
- BAUMER, A., FREY, J.D., JUNG, W., & UHR, A. (1961): Die Sedimentbedeckung des Gotthard-Massivs zwischen oberem Bleniotal und Lugnez. Eclogae geol. Helv. 54, 2, S. 478-491.
- BAUMER, A. (1965): Geologie der gotthardmassivisch-penninischen Grenzregion im oberen Bleniotal.
- BEARTH, P. (1952): Über das Verhältnis von Metamorphose und Tektonik in der penninischen Zone der Alpen. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 32, 2, S. 338-347.
- (1958): Über einen Wechsel der Mineralfazies in der Wurzelzone des Penninikums. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 38, 2, S. 363-373.
- (1962): Versuch einer Gliederung alpinmetamorpher Serien der Westalpen. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 42, 1, S. 127-137.
- BERNOULLI, W. (1942): Ammoniten im Bündnerschiefer von Termen bei Brig. Eclogae geol. Helv. 35, S. 116-118.
- BOGLI, A. (1941): Morphologische Untersuchungen im Goms. Mitt. Nat. Ges. Freiburg (Schweiz) 11, 2, S. 99-159.
- BOLLI, H.M., & NABHOLZ, W.K. (1959): Bündnerschiefer, ähnliche fossilarme Serien und ihr Gehalt an Mikrofossilien. Eclogae geol. Helv. 52, 1, S. 237-270.
- BONNEY, T.G. (1893): On some schistose "greenstones" and allied hornblendic schists from the Pennine Alps, as illustrative of the effects of Pressure-Metamorphism. Quarterly journal Geol. Soc. London 49, S. 94-103.
- BRUNNSCHWEILER, R.O. (1948): Beiträge zur Kenntnis der Helvetischen Trias östlich des Klausenpasses. Diss. Zürich.
- BRUCKNER, W. (1941): Über die Entstehung der Rauhwacke und Zellendolomite. Eclogae geol. Helv. 34, 1, S. 117-134.
- BOSSHARD, L. (1929): Zur Petrographie der mesozoischen Gesteine im Gebiete der Tessiner Kulmination. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 9, S. 107-159.
- BUCHER, W.H. (1953): Fossils in metamorphic rocks: A review. Bull. Geol. Soc. America 64, 3, S. 275-300.
- BURCKHARDT, C.E. (1942): Geologie und Petrographie des Basodino-Gebietes (nordwestliches Tessin). Schweiz. Min. Petr. Mitt. 22, S. 99-186.
- CADISCH, J. (1953): Geologie der Schweizer Alpen. 2. Aufl., Wepf, Basel.

- CHATTERJEE, N.D. (1962): The alpine metamorphism in the Simplon-Area, Switzerland and Italy. Geol. Rdsch. 51, 1, S. 1-72.
- DESBUISSONS, L. (1909): La Vallée de Binn (Valais). Bridel, Lausanne.
- EGGERS, H. (1961): Moränenterrassen im Wallis. Freiburger Geogr. Arbeiten, Heft 1. Schulz, Freiburg i.Br.
- EICHENBERGER, R. (1924): Geologisch-petrographische Untersuchungen am Südwestrand des Gotthardmassivs (Nufenengebiet). Eclogae geol. Helv. 18, 3, S. 451-483.
- FREUND, H. (1955): Handbuch der Mikroskopie in der Technik. Bd. IV, Mikroskopie der Silikate. Teil I, Mikroskopie der Gesteine. Frankfurt a.M.
- FRITSCH, F. von (1873): Das Gotthardgebiet. Beitr. Geol. Karte Schweiz 15, S. 1-154.
- GERLACH, H. (1883): Die Penninischen Alpen. Beitr. Geol. Karte Schweiz 27.
- GRAESER, S. (1965): Die Mineralfundstellen im Dolomit des Binnatales. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 45, 2.
- GRUBENMANN, U., & NIGGLI, P. (1924): Die Gesteinsmetamorphose I. Borntraeger, Berlin.
- HALFERDAHL, L.B. (1961): Chloritoid: Its Composition, X-ray and Optical Properties, Stability, and Occurrence. J. Petrol. 2, 1, S. 49-135.
- HEIM, ALB., & SCHMIDT, C. (1891): Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein. Beitr. Geol. Karte Schweiz 25.
- HEIM, ALB. (1921): Geologie der Schweiz, 2, 1+2, Tauchnitz, Leipzig.
- HESS, H. (1955): Zur Kenntnis der Crinoidenfauna des Schweizer Jura. 1. Die Gattungsmerkmale von Isocrinus und Pentacrinus. Eclogae geol. Helv. 48, 2, S. 468-486.
- HIGGINS, A.K. (1964): Fossil Remains in Staurolite-Kyanite Schists of the Bedretto-Mulde Bündnerschiefer. Eclogae geol. Helv. 57, 1, S. 151-156.
- HOLST PELLEKAAN, W. van (1913): Geologie der Gebirgsgruppe des Piz Scopi. Diss. Zürich.
- HUBER, H.M. (1943): Physiographie und Genesis der Gesteine im südöstlichen Gotthardmassiv. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 23, 1, S. 72-260.
- HUGI, TH. (1945): Gesteinsbildend wichtige Karbonate und deren Nachweis mittels Färbmethoden. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 25, 1, S. 114-140.
- JÄGER, E. (1962): Rb-Sr Age Determinations on Micas and Total Rocks from the Alps. J. Geophys. Res. 67, 13, S. 5293-5306.
- JUNG, W. (1963): Die mesozoischen Sedimente am Südostrand des Gotthard-Massivs (zwischen Plaun la Greina und Versam). Eclogae geol. Helv. 56, 2, S. 653-754.

- KLÄY, L. (1957): Geologie der Stammerspitze. Untersuchungen im Gebiete zwischen Val Sinestra, Val Fenga und Samnaun (Unterengadin). *Eclogae geol. Helv.* 50, 2, S. 323-467.
- KRIGE, L.J. (1918): Petrographische Untersuchungen im Val Piora und Umgebung. *Eclogae geol. Helv.* 14, 5, S. 519-654.
- KVALE, A. (1957): Gefügestudien im Gotthardmassiv und den angrenzenden Gebieten. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.* 37, 2, S. 398-434.
- LUGEON, M. (1914): Les Hautes Alpes Calcaires entre la Lizerne et la Kander. *Beitr. Geol. Karte Schweiz*, NF 30.
- MACHATSCHKE, F., & STAUB, W. (1927): Morphologische Untersuchungen im Wallis. *Eclogae geol. Helv.* 20, S. 335-379.
- MATTER, A. (1964): Sedimentologische Untersuchungen im östlichen Napfgebiet (Entlebuch-Tal der Grossen Fontanne, Kt. Luzern). *Eclogae geol. Helv.* 57, 2, S. 315-429.
- MEIER, P., & NABHOLZ, W.K. (1949): Die mesozoische Hülle des westlichen Gotthard-Massivs im Wallis. *Eclogae geol. Helv.* 42, 2, S. 197-214.
- MOORE, R.C., LALICKER, C.G., & FISCHER, A.G. (1952): *Invertebrate Fossils* (1st ed.). McGraw-Hill, New York.
- MÜLLER, G. (1956a): Die Schnellbestimmung des $\text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$ -Anteils in karbonatischen tonreichen Gesteinen mit dem Dinatriumsalz der Äthylendiamintetraessigsäure (AedTE) - ein wichtiges Hilfsmittel für die Geologie. *N. Jb. Geol. u. Pal., Mh.*, S. 330-344.
- (1956b): Die Schnellbestimmung des $\text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$ -Anteils in karbonatischen tonreichen Gesteinen mit dem Dinatriumsalz der Äthylendiamintetraessigsäure (AedTE). *N. Jb. Geol. u. Pal., Mh.*, S. 385-393.
- NABHOLZ, W.K. (1943): Gryphäenfunde in den Schistes lustrés-Serien Bündens und des Wallis. *Eclogae geol. Helv.* 36, 2, S. 224-226.
- (1945): Geologie der Bündnerschiefergebirge zwischen Rheinwald, Valser- und Safiental. *Eclogae geol. Helv.* 38, 1, S. 1-120.
- (1948a): Das Ostende der mesozoischen Schieferhülle des Gotthard-Massivs im Vorderrheintal. *Eclogae geol. Helv.* 41, 2, S. 247-268.
- (1948b): Bericht über die Exkursion ins Kristallin der Adula-Decke und in die Bündnerschieferregion des Valsertals und des Lugnez. *Eclogae geol. Helv.* 41, 2, S. 297-306.
- (1954): Gesteinsmaterial und Gebirgsbildung im Alpenquerschnitt Aar-Massiv - Seengebirge. *Geol. Rdsch.* 42, 2, S. 155-171.
- , & VOLL, G. (1963): Bau und Bewegung im gotthardmassivischen Mesozoikum bei Ilanz (Graubünden). *Eclogae geol. Helv.* 56, 2, S. 755-808.

- NIGGLI, E. (1944): Das westliche Tavetscher Zwischenmassiv und der angrenzende Nordrand des Gotthardmassivs. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 24, 1/2, S. 58-301.
- (1948): Zur zeitlichen Abfolge der magmatischen und metamorphosierenden Vorgänge im Gotthardmassiv. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 28, 1, S. 165-177.
 - (1955): Zum Vorkommen von Kalkglimmern (Margarit, Clintonit) in den Schweizer Alpen. Leidse Geol. Meded. 20, S. 165-170.
 - (1956): Stilpnomelan als gesteinsbildendes Mineral in den Schweizer Alpen. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 36, 2, S. 511-514.
 - (1960): Mineral-Zonen der Alpinen Metamorphose in den Schweizer Alpen. Int. Geol. Congr., 21st Sess., Norden 13, S. 132-138.
- NIGGLI, E., BRÜCKNER, W., & JÄGER, E. (1956): Über Vorkommen von Stilpnomelan und Alkali-Amphibol als Neubildungen der alpidischen Metamorphose in nordhelvetischen Sedimenten am Ostrande des Aarmassivs (östliche Zentralschweiz). Eclogae geol. Helv. 49, 2, S. 469-480.
- NIGGLI, E. et. al. (1962): Bericht über die Exkursion der Schweiz. Min. und Petr. Ges. über den Grimselpass und ins Binnatal (Aarmassiv und penninische Decken). Schweiz. Min. Petr. Mitt. 42, 1, S. 21.
- NIGGLI, P. (1912): Die Chloritoidschiefer und die sedimentäre Zone am Nordostrande des Gotthardmassivs. Beitr. Geol. Karte Schweiz, NF 36.
- (1950): Probleme der alpinen Gesteinsmetamorphose. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 30, 2, S. 500-538.
- NIGGLI, P., & STAUB, W. (1914): Neue Beobachtungen aus dem Grenzgebiet zwischen Gotthard- und Aarmassiv. Beitr. Geol. Karte Schweiz, NF 45, 3, S. 43-77.
- NIGGLI, P., & WINTERHALTER, R.U. (1934): Lukmaniergebiet. Exkursion Nr. 63. Geol. Führer Schweiz 11, S. 803-814, Wepf, Basel.
- OBERHOLZER, W. (1956): Geologie und Petrographie des westlichen Gotthardmassivs. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 35, 2, S. 320-409.
- PETTIJOHN, F.J. (1957): Sedimentary Rocks. 2nd ed., Harper, New York.
- PLAS, L. v. d. (1959): Petrology of the northern Adula region. Thesis University of Leiden an in: Leidse Geol. Meded. 24, 2.
- PLESSMANN, W. (1957a): Zur Tektonik und Metamorphose der Bündner Schiefer am SW-Rand des Gotthardmassivs. Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, 1959, 1, S. 18-31.
- (1957b): Ein Vertreter der Arietitidae (HYATT 1874) im metamorphen Bündner Schiefer vom Nufenenpass. N. Jb. Geol. u. Pal., Mh., 4, S. 156-159.
 - (1958): Tektonische Untersuchungen an Randteilen des Gotthard- und Montblanc-Massivs sowie an der Grenze Penninikum-Helvetikum. Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, 1958, 7, S. 153-188.

- PREISWERK, H. (1907): Die Grünschiefer in Jura und Trias des Simplongebietes. Beitr. Geol. Karte Schweiz 26, 1.
- SALOMON, W. (1911): Arietites sp. im schiefrigen Granat-führenden Biotit-Zoisit-Hornfels der Bedretto-Zone des Nufenen-Passes (Schweiz). Verh. d. naturhist.-medizin. Vereins z. Heidelberg, NF 11, 3, S. 220-224.
- SCHENKER, M. (1946): Geologische Untersuchung der mesozoischen Sedimentkeile am Südrand des Aarmassivs zwischen Lonza und Baltschiedertal. Beitr. Geol. Karte Schweiz, NF, 86, S. 1-60.
- SCHMIDT, C. (1891): Beiträge zur Kenntnis der im Gebiete von Blatt XIV der geolog. Karte der Schweiz 1:100,000 auftretenden Gesteine. Beitr. Geol. Karte Schweiz 25 (Anhang).
- (1894): Geologische Exkursionen durch die zentralen Schweizeralpen. Livret-guide géol. de la Suisse.
 - (1907): Über die Geologie des Simplongebietes und die Tektonik der Schweizeralpen. Eclogae geol. Helv. 9, 4, S. 484-584.
 - (1908): Die Geologie des Simplongebirges und des Simplontunnels. Rektorats-Programm der Universität Basel für die Jahre 1906 und 1907, Reinhardt, Basel.
- SCHMIDT, C., & PREISWERK, H. (1908): Erläuterungen zur geologischen Karte der Simplongruppe in 1:50,000. Erläuterungen Nr. 6, herausgegeben von der Geol. Kommission der Schweiz. Naturf. Ges.
- SCHWARZENBACH, G. (1960): Die Komplexometrische Titration (4. Auflage). Enke, Stuttgart.
- STAUB, R. (1938): Einige Ergebnisse vergleichender Studien zwischen Wallis und Bünden. Eclogae geol. Helv. 31, 2, S. 345-353.
- (1942): Über die Gliederung der Bündnerschiefer im Wallis. Eclogae geol. Helv. 35, 2, S. 112-115.
 - (1958): Klippendecke und Zentralalpenbau. Beitr. Geol. Karte Schweiz NF 103.
- STRECKEISEN, A. (1962): Zur Gesteinsmetamorphose im Simplongebiet. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 42, 1, S. 13-14.
- STRECKEISEN, A., & NIGGLI, E. (1958): Über einige neue Vorkommen von Stilpnomelan in den Schweizer Alpen. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 38, 1, S. 76-82.
- STUDER, B. (1851): Geologie der Schweiz, Bd. 1, Bern-Zürich.
- TRÖGER, W.E. (1956): Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. 2. Aufl., Teil I, Bestimmungstabellen. Stuttgart.
- TRÜMPY, R. (1949): Der Lias der Glarner Alpen. Denschr. Schweiz. Naturf. Ges. 79, 1.
- (1960): Paleotectonic evolution of the central and western Alps. Bull. Geol. Soc. America 71, 6, S. 843-908.

- TRUMPY, R. (1963): Sur les racines des nappes helvétiques. Livre Paul Fallot, 2, S. 419-428.
- WARNE, S.ST.J. (1962): A quick field or laboratory staining scheme for the differentiation of the major carbonate minerals. J. Sed. Petrology 32, 1, S. 29-38.
- WEIBEL, M., & BAMBAUER, H.U. (1958): Hämatit und Ilmenit aus den Schweizer Alpen. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 38, 2, S. 475-482.
- WENK, E. (1958): Über Diskontinuitäten in Plagioklasserien metamorphen Ursprungs. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 38, S. 494-498.
- (1962): Plagioklas als Indexmineral in den Zentralalpen. Die Paragenese Calcit-Plagioklas. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 42, 1, S. 139-152.
- WENK, E., & GÜNTHER, A.W. (1960): Über metamorphe Psephite der Lebendun-Serie und der Bündnerschiefer im NW-Tessin und Val d'Antigorio. Ein Diskussionsbeitrag. Eclogae geol. Helv. 53, 1, 179-188.
- WILLIAMS, H., TURNER, F.J., & GILBERT, C.M. (1954): Petrography. An Introduction to the Study of Rocks in Thin Sections. Freeman, San Francisco.
- WINCHELL, A.N. (1951): Elements of Optical Mineralogy. Part II. Description of Minerals. 4th ed., Wiley & Sons, New York.
- WINTERHALTER, R.U. (1930): Zur Petrographie und Geologie des östlichen Gotthardmassivs. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 10, 1, S. 38-116.
- WUNDERLICH, H.G. (1963): Ablauf und Altersverhältnisse der postvariszischen Tektonik und Metamorphose im Westalpenbogen. Geologie en Mijnbouw, 42, 5.
- ZBINDEN, P. (1946): Permotriadische Gesteine aus der Gegend von Fiesch (Wallis). Schweiz. Min. Petr. Mitt. 26, S. 287-290.
- (1949): Geologisch-petrographische Untersuchungen im Bereich südlicher Gneise des Aarmassivs. Schweiz. Min. Petr. Mitt 29, S. 222-356.

Curriculum vitae

Am 3. Dezember 1936 wurde der Autor der vorliegenden Arbeit, Hans Jürg Lüthy, als Sohn des Karl Johann und der Lydia geb. Meng von Lauperswil in Bern geboren. Nach dem Besuch der Primarschule und des Städt. Progymnasiums in Bern trat ich anschliessend an die Handelsabteilung des Städt. Gymnasiums über, wo ich 1956 die Maturitätsprüfung bestand. Wenige Tage nach der Immatrikulation an der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern unterbrach ich mein Studium für 1 Jahr und arbeitete während dieser Zeit als Freiwilliger in verschiedenen Funktionen beim Schweiz. Roten Kreuz und beim IKRK in Oesterreich und Ungarn.

Im Sommer 1960 studierte ich am Geologischen Institut der Christian-Albrechts-Universität in Kiel, vornehmlich Meeresgeologie, Sedimentologie und Quartärgeologie. Daneben besuchte ich baugrundgeologische Übungen am Geol. Landesamt von Schleswig-Holstein und nahm auch an einem meeresgeologischen und paläontologischen Arbeitskursus an der Forschungsanstalt für Meeresgeologie und Meeresbiologie "Senckenberg" in Wilhelmshaven teil.

In den Jahren 1961-63 war ich als Hilfsassistent und als Assistent des Schweiz. Nat. Fonds am geologischen Institut Bern und in den letzten Jahren als Mitarbeiter in einem Bureau für Technische Geologie und Hydrologie tätig.

Während des Studiums besuchte ich Vorlesungen und Praktika folgender Dozenten:

F. ALLEMANN, J. CADISCH, W. FEITKNECHT, J. GEISS, G. GROSJEAN, H.R. GRUNAU, F. GYGAX, F.G. HOUTERMANS, TH. HUGI, E. JÄGER, F. LEHMANN, F. MARBACH, W. NABHOLZ, E. NIGGLI, W. NOWACKI, R.F. RUTSCH, W. SCHERRER, W. SCHOPFER †, A. STRECKEISEN, A. SUESSTRUNK in Bern, M. REICHEL in Basel, A. CAILLEUX in Paris, A. DÜCKER, M. FREUND, K. FIEGE, E. GUENTHER, G. KOSSACK, D. SCHROEDER, E. SEIBOLD in Kiel.

